www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

15e JAARGANG No. 8, blz. 217-248 AUGUSTUS 1953

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

DE LICHTSTIPAFTASTER

door F. H. J. van der POEL en J. J. P. VALETON.

621.385.832:621.397.611.2:
535.373.3

In vele gevallen wil men in laboratoria, in fabrieken van televisie-apparatuur en in studio's, de beschikking hebben over een televisiesignaal van zeer goede kwaliteit. De „lichtstipaftaster" levert een dergelijk signaal, uitgaande van vlak transparant beeldmateriaal. Het principe van de lichtstipaftaster dateert reeds van de vorige eeuw; een moderne uitvoering wordt behandeld in het hieronder volgende artikel.

De lichtstipaftaster is een apparaat dat dient voor het opwekken van televisiesignalen, uitgaande van vlak beeldmateriaal. Vooral indien dit beeldmateriaal transparant is, zoals fotografische diapositieven (films en lantaarnplaatjes) of microscopische preparaten, levert de lichtstipaftaster een signaal van zeer goede kwaliteit. In het volgende is steeds gedacht aan een stilstaand transparant beeld, dus bijv. een lantaarnplaatje.

Het principe van de lichtstipaftaster is weergegeven in *fig. 1*. Men beeldt een puntvormige lichtbron af op het diapositief. Doordat men de lichtbron een lijnenraster laat beschrijven, beschrijft

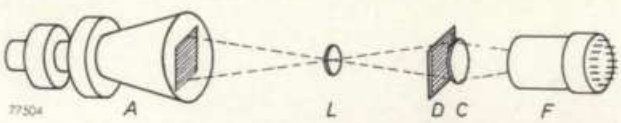


Fig. 1. Schema van de lichtstipaftaster. Op het scherm van een speciale kathodestraalbuis, de aftastbuis *A*, wordt door de electronenbundel een raster geschreven dat met de lens *L* wordt afgebeeld op het te reproduceren diapositief *D*. De condensorlens *C* verzamelt het doorvallende licht en werpt dit op de fotokathode van de multiplicatorbuis *F*.

de lichtstip op het diapositief een dergelijk raster. Het doorvallende licht verzamelt men met een condensorlens op een foto-electrische cel, waarin een fotostroom wordt opgewekt die op ieder ogenblik evenredig is met de doorlating van het diapositief ter plaatse van de lichtstip. Stuurt men deze stroom door een weerstand, dan ontstaat hierover een spanning die, na versterking, het beeldsignaal levert.

De fotokathode geeft een zeer kleine signaalstroom af, nl. van de orde van 10^{-9} A. Door het gebruik van een fotocel met ingebouwde secundaire emissieversterking (multiplicatorbuis) heeft echter de uiteindelijk afgegeven signaalstroom een waarde in de buurt van 0,5 mA. Het voordeel van deze stroomversterking boven versterking door middel van versterkbuizen is dat een gunstiger signaal-ruisverhouding wordt verkregen. Dit feit verklaart voor een deel de betere kwaliteit van het signaal geleverd door de lichtstipaftaster vergeleken met dat van de normale opneembuizen.

Bij de te bespreken moderne lichtstipaftaster (*fig. 2*) dient als lichtbron de lichtstip op het scherm van een speciaal ontwikkelde kathodestraalbuis. Op de ook in televisieweergeefbuizen gebruikelijke wijze laat men, door afbuiging van de electronenbundel in deze buis, het lichtende punt het lijnenraster beschrijven. Een lichtstipaftaster waarbij de beweging van de lichtbron langs mechanische weg werd verkregen is vroeger in dit tijdschrift behandeld [1]).

Na enige opmerkingen over het optische systeem worden in het onderhavige artikel de gevolgen beschouwd van het nalichten van de fluorescerende stof op het scherm van de aftastbuis. Deze beschouwingen geven antwoord op de vraag welke eisen men aan deze fosfor moet stellen. Daarna wordt behandeld

[1]) H. Rinia en C. Dorsman, Televisie-installatie met schijf volgens Nipkow, Philips techn. T. **2**, 72-76, 1937.
H. Rinia, Televisie met schijf volgens Nipkow en geïnterlinieerde aftasting, Philips techn. T. **3**, 289-295, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

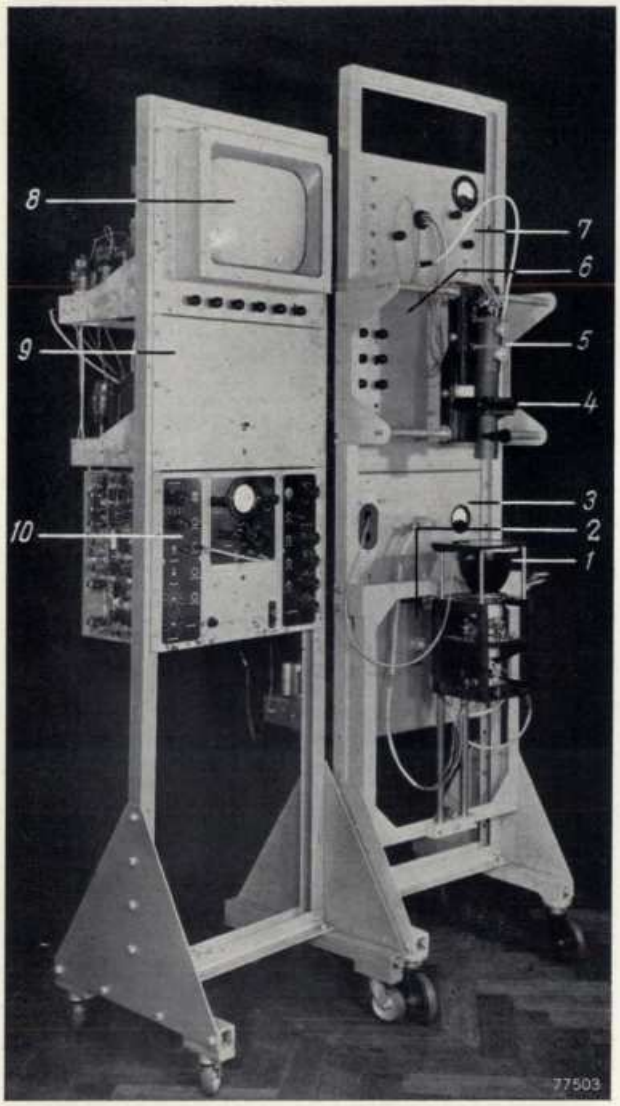


Fig. 2. De in het laboratorium gebouwde lichtstipaftaster. *1* de aftastbuis MC 13-16, *2* en *3* panelen waarachter zich de apparatuur bevindt die de voor de aftastbuis benodigde spanningen en stromen levert, *4* diapositief, *5* multiplicatorbuis, *6* gammacorrector, *7* nalichtcompensator, *8* weergeefbuis, *9* voeding voor *8*, *10* standaard-signaalgenerator GM 2657, die o.a. de nodige synchronisatiesignalen levert.

de niet-lineaire versterking van het signaal (gammacorrectie), die nodig is om de contrasten in het diapositief getrouw over te brengen in het beeld op de weergeefbuis.

Een belangrijk punt van verschil tussen de lichtstipaftaster en een opneembuis (bijv. een iconoscoop) is, dat bij de lichtstipaftaster het signaal dat correspondeert met een bepaald beeldelement, uitsluitend te danken is aan de verlichting op het ogenblik dat dit beeldelement wordt afgetast (ca. 10^{-7} sec). Er treedt hier geen accumulatie-effect op, in tegenstelling tot een opneembuis, waar het potentiaalbeeld door de verlichting wordt opgebouwd gedurende de gehele tijd (1/25 sec) tussen twee opeenvolgende aftastingen van hetzelfde beeldelement [2]). Desondanks worden zeer goede resultaten bereikt.

Een voordeel van de lichtstipaftaster boven de iconoscoop is, dat eerstgenoemde geen „onechte" signalen (spurious signals) levert. De genoemde opneembuizen leveren nl. reeds een signaal als zij niet belicht worden en dit wordt bij belichting gesuperponeerd op het gewenste signaal [2]).

Het optische systeem

Om het raster scherp en zonder vervorming af te beelden op het diapositief, is gebruik gemaakt van een fotografische vergrotingslens met een relatieve opening van 1:4. Vergrotingslenzen zijn zo gecorrigeerd dat zij het beste resultaat leveren bij geringe vergrotingen en bij gebruik van blauw licht, zoals door de aftastbuis van onze installatie (type MC 13-16) in hoofdzaak wordt geleverd. Zij zijn voor ons doel dus bijzonder geschikt. Aangezien vergrotingslenzen speciaal ontworpen zijn om een vlak beeld te vormen van een vlak voorwerp, heeft men de aftastbuis een vlak scherm gegeven.

Om een zo groot mogelijke lichtstroom in de fotocel te krijgen, en daardoor een zo gunstig mogelijke signaal-ruisverhouding, zou men graag een lens met een nog grotere relatieve opening gebruiken. Fotografische opneemlenzen, die verkrijgbaar zijn met grotere relatieve opening, staan echter voor ons doel ten achter bij vergrotingslenzen. Dank zij de goede eigenschappen van de fosfor in de aftastbuis zijn toch zeer goede signaal-ruisverhoudingen bereikt (zie later).

De direct achter het diapositief opgestelde condensorlens is zo groot dat zij al het licht opvangt dat door het diapositief treedt. Haar sterkte en de plaats van de fotocel zijn zo gekozen dat de condensorlens een beeld vormt van de voorgaande lens dat geheel op de fotokathode valt. Het licht dat via een willekeurig punt van het diapositief de fotocel bereikt, wordt dan over dit beeld uitgespreid, zodat men geen last heeft van eventuele plaatselijke verschillen in de gevoeligheid van de fotokathode.

Compensatie van het nalichten van de fosfor

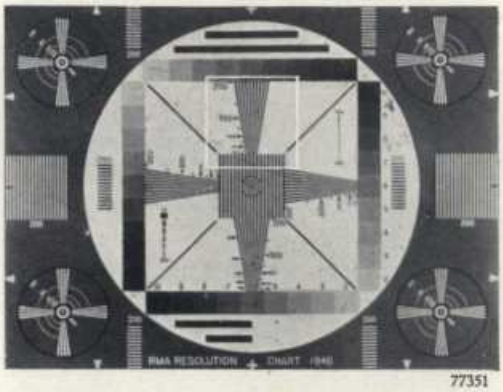
Een belangrijke factor bij de lichtstipaftaster met kathodestraalbuis, die van invloed is op de beeldkwaliteit, is het nalichten van de gebruikte fosfor. Dit nalichten heeft tot gevolg dat de fotokathode, behalve via het beeldelement van het diapositief dat momenteel wordt afgetast, ook nog licht ontvangt via reeds eerder afgetaste beeldelementen. Bij een plotselinge overgang van donker naar licht (of omgekeerd) in het diapositief, komt daardoor het beeldsignaal slechts geleidelijk op de nieuwe waarde, waardoor in het beeld de overgang

[2]) Men zie bijv. P. Schagen, H. Bruining en J. C. Francken, De beeldiconoscoop, een opneembuis voor televisie, Philips techn. T. **13**, 71-85, 1951.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

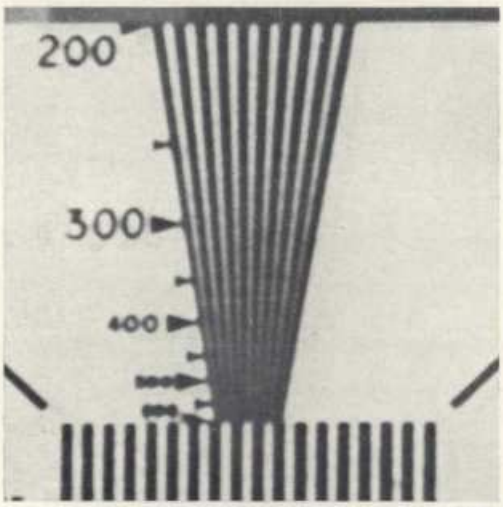
www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ook geleidelijk wordt. Dit veroorzaakt een zekere onscherpte van het beeld in de lijnrichting (*fig. 3*), een verschijnsel dat ook optreedt bij het gebruik van videoversterkers met een te smalle frequentieband, waarbij immers ook scherpe overgangen vervaagd worden.



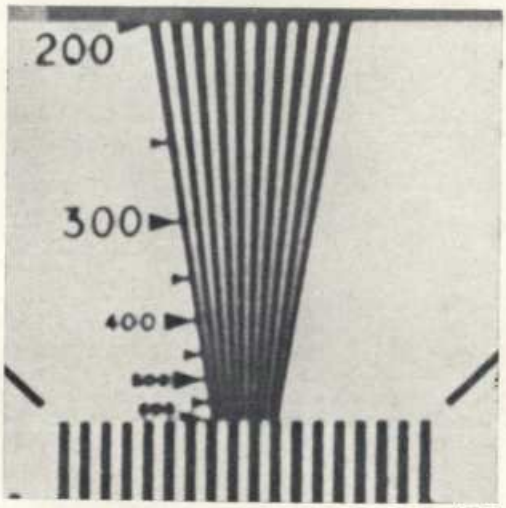
77351

a



77352

b



77353

c

Fig. 3. *a*) Testdiapositief, gebruikt voor de contrôle van de beeldkwaliteit bij de lichtstipaftaster.
b) Het wit omlijnde gedeelte van het diapositief, gereproduceerd op de weergeefbuis zonder nalichtcompensatie
c) Als (*b*), maar nu met nalichtcompensatie. De randen van de verticale strepen zijn scherper dan in (*b*); het verschil is echter niet zeer frappant, door de zeer korte nalichttijd (10^{-7} sec) van de fosfor van de aftastbuis.

Het effect van het nalichten kan langs schakeltechnische weg op betrekkelijk eenvoudige wijze worden gecompenseerd. Om dit in te zien, zullen wij de invloed van het nalichten op het signaal wat nader onderzoeken [3]).

Kwantitatieve beschouwing van het nalichten

Het is bekend dat voor vele fosforen de uitgezonden lichtstroom afneemt volgens een exponentiële functie van de tijd. Indien dus het vlakje dat op het ogenblik t_0 door de electronenbundel wordt getroffen, op dat ogenblik een lichtstroom φ_0 uitzendt, zal voor een dergelijke fosfor deze lichtstroom op een later tijdstip t zijn afgenomen tot de waarde

$$\varphi_t = \varphi_0 \, e^{-\frac{t-t_0}{\tau}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

De tijd τ waarin de lichtstroom tot 1/e maal de beginwaarde afneemt, wordt de nalichttijd genoemd.

Door het lenzenstelsel wordt slechts een gedeelte $k\varphi_t$ van de lichtstroom naar de fotocel geleid en van dit gedeelte wordt bovendien slechts een fractie, $a(t_0)$, door het ten tijde t_0 afgetaste beeldelement van het diapositief doorgelaten. Is σ de gevoeligheid van de fotocel, dan levert de lichtstroom φ_t dus een bijdrage $\sigma k a(t_0)\varphi_t$ tot de fotostroom op het ogenblik t.

Om de totale fotostroom te vinden, verdelen wij de rasterlijn, die met constante snelheid V door de electronenbundel op het fluorescentiescherm wordt geschreven, in stukjes met lengte δ, gelijk aan de breedte van het (rechthoekig gedachte) trefvlakje van de bundel. Vervolgens sommeren wij de bijdragen van alle stukjes, ook van voorafgaande rasterlijnen, die tot op het tijdstip t werden geexciteerd. Onder de voorwaarde dat δ klein is ten opzichte van de afstand waarover de fosfor merkbaar nalicht, kan deze sommatie worden uitgevoerd als een eenvoudige integratie naar de plaats x op de rasterlijn (*fig. 4*). Bevindt de electronenbundel zich op het tijdstip t op de plaats x_t, dan is:

$$i'(t) = \sigma k \int_{-\infty}^{x_t} a(t_0) \frac{\varphi_t}{\delta} \, \mathrm{d}x,$$

welke integraal, afgezien van de factor σ, de oppervlakte onder de kromme *3* in fig. 4 voorstelt.

[3]) Vgl. ook: J. J. Müller, Die Korrektur des Nachleuchtens bei der Kathodenstrahlabtastung, Hochfrequenztechnik und Elektroakustik **54**, 111-115, 1939, waar voor het nalichten soortgelijke beschouwingen worden gegeven als hier.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het accent geeft hier, en ook in het vervolg, steeds aan dat een grootheid betrekking heeft op een signaal dat is vervormd als gevolg van het nalichten.

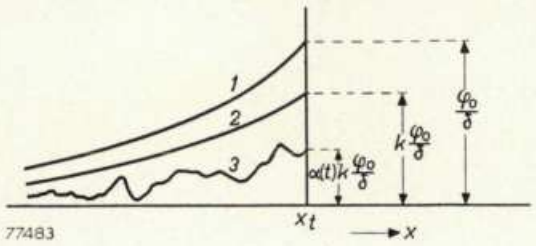


Fig. 4. De lichtstroom φ_t/δ die, op het tijdstip t, per eenheid van lengte door een rasterlijn op de aftastbuis wordt uitgezonden, wordt als functie van de plaats x gegeven door kromme *1*. Een gedeelte wordt door het lenzenstelsel naar de fotocel geleid (kromme *2*) en van dit gedeelte komt een wisselende fractie, bepaald door de doorlating van het diapositief, terecht in de fotocel (kromme *3*). De electronenbundel treft de rasterlijn in het punt x_t. De oppervlakten onder de krommen *1* en *3* stellen resp. de totale lichtstroom voor die door de aftastbuis wordt uitgezonden, en de lichtstroom die de fotocel treft.

Daar $x = Vt_0$, kan deze integratie over de plaats worden vervangen door een integratie over de tijd. Men krijgt de uitkomst in een prettige vorm door in te voeren de lichtstroom Φ die door het scherm in totaal wordt uitgezonden. Voor Φ vindt men door integratie (oppervlakte onder kromme *1* in fig. 4): $\Phi = V\tau\varphi_0/\delta$. Hiermee gaat, met gelijktijdige toepassing van (1), de uitdrukking voor $i'(t)$ over in:

$$i'(t) = \frac{\sigma k \Phi}{\tau} \int_{-\infty}^{t} a(t_0)\, e^{-\frac{t-t_0}{\tau}}\, dt_0. \quad . \quad . \quad (2)$$

Een ideale fosfor, dwz. een fosfor zonder nalichten, zou een onvervormde signaalstroom leveren:

$$i(t) = \sigma k \Phi a(t). \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Wij zullen thans aantonen dat als men de fosfor met nalichttijd τ vervangt door een ideale fosfor, over de weerstand R_m waardoor de stroom van de multiplicator vloeit, toch dezelfde spanning optreedt mits men parallel aan R_m een condensator schakelt met zodanige capaciteit C_m dat

$$R_m C_m = \tau. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Door deze parallelschakeling vloeit nu immers de onvervormde stroom (3). Tussen de tijdstippen t_0 en $t_0 + dt_0$ levert deze stroom $i(t)$ een bijdrage $dq_0 = i(t_0)dt_0$ tot de lading van de condensator. Dit deel van de lading zal op het latere tijdstip t volgens de bekende formule voor de ontlading van een condensator zijn afgenomen tot:

$$dq(t) = dq_0\, e^{-\frac{t-t_0}{R_m C_m}} = i(t_0)\, e^{-\frac{t-t_0}{R_m C_m}}\, dt_0.$$

De lading $dq(t)$ levert een bijdrage $dv'(t) = dq(t)/C_m$ tot de spanning, en de totale spanning op de condensator op het tijdstip t is dus:

$$v'(t) = \frac{1}{C_m} \int_{-\infty}^{t} i(t_0)\, e^{-\frac{t-t_0}{R_m C_m}}\, dt_0.$$

Door toepassing van (3), (4) en (2) blijkt dat

$$v'(t) = R_m\, i'(t), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

wat inderdaad de spanning is die bij gebruik van de nalichtende fosfor over de weerstand R_m komt te staan (*fig. 5*).

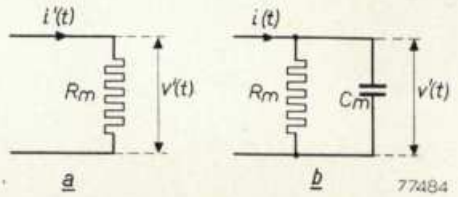


Fig. 5. Bij een exponentieel nalichtende fosfor met nalichttijd τ, levert de door het nalichten vervormde signaalstroom over een weerstand R_m dezelfde spanning $v'(t)$ (*a*) als de onvervormde stroom $i(t)$ zou leveren over een parallelschakeling van R_m en C_m met $R_m C_m = \tau$ (*b*).

Uitvoering van de compensatie van het nalichteffect

Voert men de over R_m verkregen signaalspanning $v'(t)$ toe aan het stuurrooster van een penthode P (steilheid S), die in de kathodeketen een impedantie Z_k bevat (*fig. 6a*), dan ontstaat, mits Z_k aan zekere voorwaarden voldoet, over de anodeweerstand R_a een spanning waaruit de vervorming door het nalichten is verdwenen. De voorwaarden die aan Z_k gesteld moeten worden, kan men afleiden door de fosfor als ideaal te beschouwen en de weerstand R_m vervangen te denken door een impedantie Z_m (fig. 6*b*) bestaande uit de parallelschakeling van R_m en C_m. Door Z_m vloeit de onvervormde stroom $i(t)$, die wij ontleed denken in zijn Fouriercomponenten. De component met frequentie $\omega/2\pi$, $i(\omega)$ genoemd, geeft aanleiding tot het optreden van een compo-

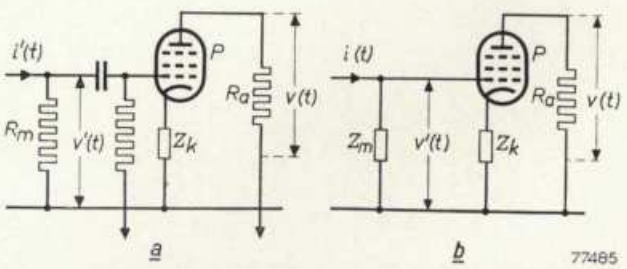


Fig. 6. Het nalichten kan gecompenseerd worden met de schakeling volgens (*a*). De multiplicatorbuis heeft een anodeweerstand R_m, waarover de door het nalichten vervormde stroom $i'(t)$ de eveneens vervormde spanning $v'(t)$ levert. Over R_a ontstaat een onvervormde spanning, mits Z_k aan zekere voorwaarden voldoet, die afgeleid worden aan de hand van het equivalente schema (*b*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nent $v(\omega)$ in de spanning over R_a. Een eenvoudige berekening leert dat:

$$v(\omega) = \frac{R_a}{\frac{Z_k}{Z_m}\left(1 + \frac{1}{S Z_k}\right)} i(\omega).$$

Voor Z_k wordt nu een impedantie gekozen die dezelfde afhankelijkheid van de frequentie vertoont als Z_{m}, wat bereikt wordt door voor Z_k analoog aan Z_m een parallelschakeling te kiezen van een weerstand R_k en een capaciteit C_k, waarvoor $R_k C_k = \tau$. In de factor vóór $i(\omega)$ komt dan nog slechts één van de frequentie afhankelijke term voor, nl. $1/SZ_k$. Men kan echter S en Z_k zo groot maken dat in het gehele gebruikte frequentiegebied deze term verwaarloosbaar is ten opzichte van 1. In dit gebied wordt dan het verband tussen $v(\omega)$ en $i(\omega)$ onafhankelijk van de frequentie. $v(t)$ is dan evenredig met de onvervormde signaalstroom $i(t)$, zodat de door het nalichten veroorzaakte vervorming is verdwenen.

Fosforen die niet exponentieel nalichten

Het nalichten van de meeste fosforen verloopt niet zuiver volgens de boven aangenomen exponentiële functie, maar in vele gevallen kan het werkelijke nalichtverschijnsel voldoende nauwkeurig beschreven worden als de som van twee, drie of nog meer van deze functies. Men denkt zich dan de fosfor samengesteld uit een zelfde aantal componenten, met nalichttijden τ_1, τ_2 enz. en met totale uitgezonden lichtstromen Φ_1, Φ_2, enz. De stroom die door de fotocel wordt geleverd, bestaat dan uit de som van de stromen die door elk der componenten afzonderlijk zouden worden opgewekt, en over de weerstand R_m ontstaat een spanning gelijk aan de som van de spanningen die ieder van deze stromen afzonderlijk zou veroorzaken. Beschouwt men de fosfor als ideaal, dan moet nu in Z_m (fig. 6*b*) voor iedere component van de werkelijke fosfor een afzonderlijk RC-lid worden opgenomen, waarvan de RC-waarde gelijk is aan de nalichttijd van de corresponderende fosforcomponent, dus

$$R_{m1}C_{m1} = \tau_1, \quad R_{m2}C_{m2} = \tau_2, \text{ enz.} \qquad (6a)$$

Deze RC-leden moeten in serie worden geschakeld, omdat dan ook hier de totale spanning gelijk is aan de som van de spanningen die corresponderen met de verschillende fosforcomponenten. Om deze deelspanningen de juiste onderlinge verhoudingen te geven, blijkt bovendien voldaan te moeten worden aan:

$$\frac{R_{m1}}{\Phi_1} = \frac{R_{m2}}{\Phi_2} = \ldots = \frac{R_m}{\Phi_{tot}}, \quad \ldots \qquad (6b)$$

waarin $\Phi_{tot} = \Phi_1 + \Phi_2 + \ldots$

De stroom $i_1'(t)$, afkomstig van de eerste fosforcomponent, wordt gevonden door in (2) Φ en τ te vervangen door Φ_1 en τ_1. In formule (3) stelt Φ echter de totale lichtstroom voor van alle fosforcomponenten gezamenlijk, dus moet hier Φ worden vervangen door Φ_{tot}. Met de gewijzigde formules (2) en (3) vindt men voor de spanning die correspondeert met de fosforcomponent met nalichttijd t_1 en lichtstroom Φ_1 een gewijzigde uitdrukking (5), nl.:

$$v_1'(t) = \frac{R_{m1}}{\Phi_1} \Phi_{tot}\, i'(t).$$

Indien aan (6b) is voldaan, wordt $v_1'(t) = R_m i_1'(t)$, dwz. inderdaad gelijk aan de spanning die door de eerste fosforcomponent over R_m wordt veroorzaakt.

De eisen die aan de impedantie Z_k in de compensatieschakeling (fig. 6) worden gesteld, blijven dezelfde als in het geval van een exponentieel nalichtende fosfor. Z_k moet dezelfde afhankelijkheid van de frequentie vertonen als Z_m en moet dus evenals Z_m bestaan uit een aantal RC-leden die in serie zijn geschakeld. Het RC-lid in Z_k dat corrigeert voor een fosforcomponent met nalichttijd τ_1, moet een RC-waarde hebben gelijk aan τ_1 enz., terwijl de weerstanden in Z_k zich moeten verhouden als $\Phi_1{:}\Phi_2{:}\ldots$. Bovendien moeten deze weerstanden weer zo groot worden gekozen dat $1/SZ_k$ verwaarloosbaar is ten opzichte van 1 in het gebruikte frequentiegebied.

Een andere, in principe eenvoudiger methode om het nalichteffect te compenseren, is de vervormde signaalstroom rechtstreeks toe te voeren aan een correctie-impedantie Z_c. Bij een exponentieel nalichtende fosfor blijkt dat men voor Z_c een serieschakeling van een weerstand R_c en een zelfinductie L_c moet nemen, zodanig dat $L_c/R_c = \tau$. Bij een niet-exponentieel nalichten moet men voor elke fosforcomponent een dergelijk LR-lid nemen en alle leden parallel schakelen. De weerstanden moeten dan omgekeerd evenredig zijn met de corresponderende Φ-waarden. De eigen capaciteiten van de spoelen en de parasitaire capaciteiten van de multiplicatorbuis veroorzaken echter moeilijkheden, waardoor in de practijk de door ons toegepaste methode beter voldoet.

De signaal-ruisverhouding

Ondanks de eenvoudige mogelijkheid tot compensatie, mag men toch niet concluderen dat het nalichten geen nadelen meebrengt. Ten eerste wordt nl. de signaal-ruisverhouding ongunstig beïnvloed door de correctie waartoe het nalichten ons dwingt; ten tweede worden na scherpe overgangen van wit naar zwart zg. „ruisvegen" zichtbaar.

Om globaal in te zien dat de signaal-ruisverhouding ongunstiger wordt, beschouwen wij een exponentieel nalichtende fosfor. Een blik op fig. 5 leert dat de vervorming in de signaalstroom bestaat in een te geringe vertegenwoordiging

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van de hoge frequenties (invloed van de condensator C_m). De werking van de compensatieschakeling berust daarop, dat zij een met de frequentie $(\omega/2\pi)$ oplopende versterking geeft en wel moet de versterking evenredig zijn met $\sqrt{1+\omega^2\tau^2}$. Op de signaalstroom is een ruisstroom gesuperponeerd, die wordt veroorzaakt door toevallige fluctuaties in de electronenemissie in de multiplicatorbuis en die aanleiding geeft tot het optreden van spikkeltjes in het beeld. Gemiddeld is deze ruisstroom

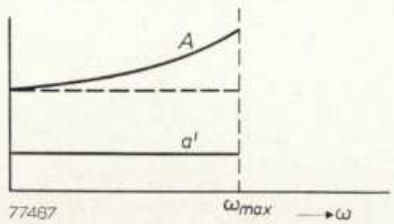


Fig. 7. Ruisspectrum vóór en ná de compensatie van het nalichten. De amplitudefactor a' van de ruisstroom gesuperponeerd op de door de multiplicatorbuis geleverde stroom, wordt als functie van de hoekfrequentie gegeven door een horizontale rechte. Dit geldt tot de hoogste frequentie die door onze versterkers wordt doorgelaten $(\omega_{max}/2\pi)$. Na de van de frequentie afhankelijke versterking, nodig om het nalichten te compenseren, is a' overgegaan in de amplitudefactor A, die oploopt met de frequentie. Bij gebruik van een niet nalichtende fosfor zou het verloop van A door de gestreepte horizontale rechte worden gegeven.

nul. Volgens de theorie van de ruis zijn in de ruisstroom, als men deze in zijn Fouriercomponenten ontleedt, alle frequenties, tot de hoogste toe die door de toegepaste versterkers worden doorgelaten, in dezelfde mate tegenwoordig (vlak ruisspectrum, *fig.* 7). Door de compensatieschakeling wordt ook de ruis versterkt met de reeds genoemde, van de frequentie afhankelijke factor. Hoe groter τ, des te sterker gaat het ruisspectrum na de compensatie voor hoge frequenties oplopen. Bij gebruik van een ideale fosfor (zonder nalichten) zou de versterking onafhankelijk zijn van de frequentie en ook na de versterking zou de ruisamplitudefactor door een horizontale rechte (gestippeld getekend in fig. 7) worden gegeven. Hieruit blijkt wel dat er meer ruis optreedt naarmate, gedwongen door een lange nalichttijd, de versterking meer van de frequentie afhankelijk wordt gemaakt.

De signaal-ruisverhouding, die dient als maat voor de kwaliteit van een signaal, wordt gedefinieerd als het quotient van de signaalstroom en de middelbare waarde van de ruisstroom. De theorie van de ruis van een multiplicatorbuis bevestigt de voor de hand liggende onderstelling dat de signaal-ruisverhouding gunstiger zal zijn voor een grote dan voor een kleine signaalstroom. Daar de signaalstroom evenredig is met de op de fotokathode vallende lichtstroom, en deze laatste weer evenredig is met het energierendement van de fosfor, heeft een hoog energierendement een gunstige invloed op de signaal-ruisverhouding. De nadelige invloed die een lange nalichttijd heeft op de ruis in het gehele beeld kan derhalve worden gecompenseerd door een hoog energierendement η. In feite blijkt, wat dit verschijnsel betreft, voor niet al te kleine waarden van $\tau(\tau > 3\cdot10^{-7}$ sec), het getal $\sqrt{\eta}/\tau$ als een kwaliteitscijfer van de fosfor beschouwd te kunnen worden. Voor zeer kleine waarden van τ wordt de invloed van τ geringer dan door dit getal tot uitdrukking wordt gebracht.

De middelbare waarde van de ruisstroom, die gesuperponeerd is op de signaalstroom geleverd door een multiplicatorbuis, is evenredig met de wortel uit de signaalstroom. De signaal-ruisverhouding is daardoor eveneens evenredig met deze wortel. Bij een sterk signaal is de signaal-ruisverhouding dus gunstiger dan bij een zwak, zoals reeds in de vorige alinea werd vermeld. Dit geldt dus ondanks het feit dat de ruis op zichzelf sterker is bij een sterk signaal. Laatstgenoemd feit echter is de oorzaak van het optreden van de „ruisvegen", die als tweede onaangename gevolg van het nalichten zijn genoemd.

Wordt een licht gedeelte in het diapositief (sterk signaal) na een plotselinge overgang gevolgd door een donker gedeelte (zwak signaal), dan levert de multiplicatorbuis, als gevolg van het nalichten, een signaalstroom waarin de sprong is vervangen door een overgang volgens een e-macht (*fig. 8a*). De middelbare waarde van de ruisstroom heeft een

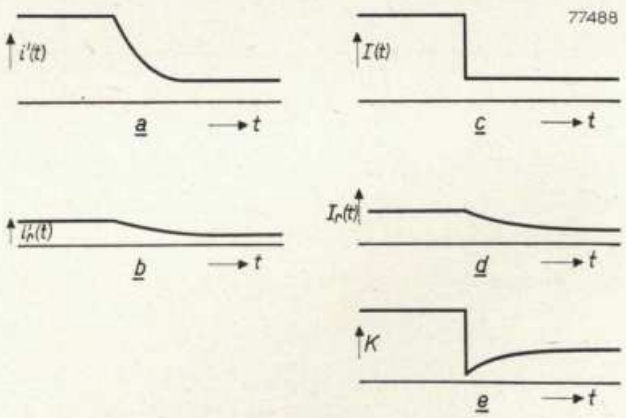


Fig. 8. Het ontstaan van „ruisvegen" na scherpe overgangen van licht naar donker. De signaalstroom i' heeft door het nalichten als functie van de tijd de vorm geschetst in *(a)* (exponentieel verloop). De middelbare waarde i_r' van de ruisstroom die op i' is gesuperponeerd, verloopt evenredig met $\sqrt{i'}$ en heeft daardoor zelfs een nog langer uitlopende staart dan i' zelf (*b*). Door de van de frequentie afhankelijke versterking gaat i' over in I (*c*), maar i_r' gaat zonder dat de vorm wordt gewijzigd, over in I_r (*d*). De signaal-ruisverhouding $K = I/I_r$ heeft vlak na de overgang dus een zeer lage waarde (*e*).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dergelijk geleidelijk verloop (fig. 8*b*). De compensatieschakeling herstelt de sprong in de signaalstroom (fig. 8*c*), maar de vorm van de kromme voor de ruisstroom blijft ongewijzigd (fig. 8*d*). De signaal-ruisverhouding is dus een ogenblik bijzonder klein en stijgt dan geleidelijk tot de waarde die hoort bij het donkere gedeelte in het beeld (fig. 8*e*). Bij gebruik van een fosfor met een lange nalichttijd, met natuurlijk de daarbij passende, van de frequentie afhankelijke versterking, ziet men dus in een donker deel, dat na een licht deel in het diapositief wordt afgetast, een „ruisveeg", dwz. een sterk „ruisen" (dus spikkeltjes in het beeld) dat in de richting van de aftastbeweging geleidelijk afneemt.

Bij een sprong van donker naar licht treedt het omgekeerde effect op; de signaal-ruisverhouding is dan een ogenblik relatief te groot. Dit stoort natuurlijk niet.

Bij een fosfor met bijv. een nalichttijd van 10^{-5} sec hebben de „ruisvegen" na wit-zwart overgangen een lengte van ca. $^1/_6$ van de totale beeldbreedte. Bij een fosfor met zeer korte nalichttijd, bijv. 10^{-7} sec, treedt in principe hetzelfde effect op; de lengte van de ruisvegen is dan echter van dezelfde orde van grootte als de beeldelementen en daardoor worden zij onzichtbaar.

Men ziet hieruit dat, ook al hebben twee fosforen hetzelfde kwaliteitscijfer $\sqrt{\eta/\tau}$, toch die met de kleinste nalichttijd de voorkeur verdient.

Nadere beschouwing van het kwaliteitscijfer $\sqrt{\eta/\tau}$

Zoals reeds werd vermeld, is de amplitudefactor $a'(\omega)$ van de ruisstroom van een multiplicatorbuis onafhankelijk van de frequentie (fig. 7) en evenredig met de wortel uit de momentele waarde van de stroom i'; in formule:

$$a'(\omega) \sim \sqrt{i'}.$$

Na de compensatie voor het nalichten is $a'(\omega)$ overgegaan in:

$$A(\omega) = a'(\omega)\sqrt{1+\omega^2\tau^2} \sim \sqrt{(1+\omega^2\tau^2)}\sqrt{i'}.$$

Men kan algemeen bewijzen dat de middelbare waarde van een stroom met amplitudefactor $A(\omega)$ gegeven wordt door

$$\sqrt{\int_0^\infty \tfrac{1}{2} A^2(\omega)\mathrm{d}\omega}.$$

Daar alleen de frequenties die door de versterkers worden doorgelaten voor ons van belang zijn, kan in ons geval de bovenste integratiegrens worden vervangen door ω_{max}. Voor de middelbare waarde I_r van de ruisstroom na de compensatie van het nalichten levert uitvoering van de integratie:

$$I_r \sim \sqrt{\omega_{max}\,(1+\omega_{max}^2\tau^2)}\sqrt{i'}.$$

Eenvoudigheidshalve nemen wij aan dat van het diapositief een gedeelte met constante doorlating wordt afgetast. De opgewekte signaalstroom i is dan constant. (Daar er nu geen verschil is tussen vervormde en onvervormde signaalstroom, is het accent bij i weggelaten.) Voor de signaal-ruisverhouding K in de stroom na de compensatie geldt in dit geval:

$$K \sim \frac{\sqrt{i}}{\sqrt{\omega_{max}\,(1+\omega_{max}^2\tau^2)}}.$$

Daar i evenredig is met η, het energierendement van de fosfor, is dus ook:

$$K \sim \frac{\sqrt{\eta}}{\sqrt{\omega_{max}\,(1+\omega_{max}^2\tau^2)}}.$$

Indien $\omega_{max}^2\tau^2 \gg 1$, geldt bij benadering:

$$K \sim \frac{\sqrt{\eta}}{\tau\omega_{max}^{3/2}}.$$

Bij het televisiesysteem met 625 beeldlijnen is $\omega_{max}/2\pi = 5$ MHz, waaruit volgt dat $\tau \gg 0{,}6\cdot10^{-7}$ sec moet zijn om deze formule te mogen toepassen.

Men ziet dus dat K bij benadering evenredig is met $\sqrt{\eta}/\tau$. Verder is K, eveneens bij benadering, omgekeerd evenredig met $\omega_{max}^{3/2}$, en daar ω_{max} evenredig is met N^2 (N stelt het aantal beeldlijnen voor), is K bij benadering omgekeerd evenredig met N^3. Bij een groter aantal beeldlijnen moet dus de fosfor aan veel hogere eisen voldoen, of men moet meer ruis in het beeld accepteren. De signaal-ruisverhouding, berekend voor de in fig. 2 afgebeelde apparatuur, heeft bij een doorlating $a = 0{,}6$ van het diapositief, dank zij de zeer korte nalichttijd van de gebruikte fosfor (10^{-7} sec) de zeer hoge waarde van ongeveer 120. In de donkere gedeelten van een beeld, waar de doorlating bijv. 100 maal kleiner is, is de signaal-ruisverhouding $\sqrt{100}$ maal kleiner, dus nog 12.

De gammacorrector

Na de compensatie van het nalichteffect geeft de lichtstipaftaster een signaal v_l dat recht evenredig is met de doorlating a_p van het diapositief, dus:

$$v_l \sim a_p \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

De helderheid B_w op een normale weergeefbuis is echter in het geheel niet evenredig met de toegevoerde spanning v_w. Het verband kan met vrij goede benadering worden weergegeven door een machtsfunctie met gebroken exponent:

$$B_w \sim v_w^{\gamma_w}, \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

waarin γ_w ongeveer de waarde 2,5 heeft. Het ligt voor de hand te verlangen dat de helderheid in ieder punt op de weergeefbuis evenredig is met de doorlating in het corresponderende punt van het diapositief, dus:

$$B_w \sim a_p \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Het signaal v_l ondergaat daartoe in de zg. gammacorrector, die opgenomen is in het zendergedeelte van de apparatuur, een niet-lineaire transformatie die maakt dat het signaal v_w op de weergeefbuis evenredig is met $v_l^{\gamma_c}$. Met (8) en (7) vindt men dan:

$$B_w \sim v_l^{\gamma_c\gamma_w} \sim a_p^{\gamma_c\gamma_w}. \quad \ldots \quad (10)$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Vergelijking van (10) met (9) leert direct dat $\gamma_c = 1/\gamma_w$ moet zijn, opdat aan (9) zal worden voldaan.

Het is niet altijd mogelijk de evenredigheid (9) te realiseren. Dit houdt verband met de helderheidsomvang van het te reproduceren diapositief. Onder de helderheidsomvang van een beeld (of scène) verstaat men de verhouding van de grootste en de kleinste helderheid die in het beeld voorkomen. Voor een diapositief definiëren wij deze grootheid als de verhouding van de grootste en de kleinste doorlating. De helderheidsomvang die in de practijk realiseerbaar is op het scherm van een weergeefbuis, is niet groter dan 100. Enerzijds kan de maximale helderheid natuurlijk niet boven een zekere waarde worden opgevoerd, anderzijds is ook de minimale helderheid begrensd, zelfs indien er geen bijverlichting is, dus in een geheel verduisterd vertrek. Ook dan bereikt nl. licht van de heldere delen van het beeld, via reflecties, de donkere delen. Is de helderheidsomvang C van het diapositief groter dan 100, dan moet deze gereduceerd worden; laten we, om het probleem algemeen te stellen, zeggen tot c. De voorwaarde (9) moet men dus laten vallen, en het blijkt voor een zo getrouw mogelijk beeld het beste te zijn als men de reductie over het gehele bestreken helderheidsgebied verdeelt, zodanig dat in plaats van (9) de relatie treedt:

$$B_w \sim a_p^{\gamma_{tot}}, \quad \ldots\ldots \quad (11)$$

met

$$\gamma_{tot} = \frac{\log c}{\log C}. \quad \ldots\ldots \quad (12)$$

Het feit dat het verband tussen B_w en a_p juist deze vorm moet hebben, hangt samen met de eigenschappen van het menselijk oog.

Het is een experimenteel bevestigd feit dat de indruk die het oog krijgt van een overgang van licht naar donker in een beeld, niet bepaald wordt door de verandering van de helderheid b met de plaats, dus niet door db/dx, maar door de relatieve helderheidsverandering per lengte-eenheid, $(1/b)\,db/dx$. Eenzelfde helderheidsverschil tussen twee dicht naast elkaar liggende punten levert dus voor het oog een geringer contrast naarmate het helderheidsniveau ter plaatse hoger is. (Dit is de reden waarom men bijv. bij filmvertoning de zaal donker maakt.)

Bij reproductie van het beeld, bijv. op het scherm van een weergeefbuis, blijkt verder dat men van een overgang van licht naar donker de juiste indruk krijgt indien geldt $(1/B)\mathrm{d}B/\mathrm{d}X = \beta(1/b)\mathrm{d}b/\mathrm{d}x$ (B en X in de reproductie corresponderen met b en x in het oorspronkelijke beeld), waarin β een constante is, die van 1 mag verschillen. Is $X = mx$, dwz. is m de lineaire vergroting van de reproductie ten opzichte van het oorspronkelijke beeld, dan moet dus $\mathrm{d}B/B = m\beta\,\mathrm{d}b/b$ zijn. Door integratie blijkt hieruit dat voor een getrouwe reproductie moet gelden ($m\beta = \gamma_{tot}$ gesteld):

$$B \sim b^{\gamma_{tot}}. \quad \ldots\ldots \quad (13)$$

Is bijv. $\gamma_{tot} = 2{,}3$, dan zegt men dat de „gamma" van de apparatuur waarmee de reproductie tot stand is gebracht, 2,3 bedraagt.

Gaat men, als bij de lichtstipaftaster, uit van een diapositief, dan neemt de doorlating a_p van dit diapositief de rol over van de helderheid b in het uitgangsbeeld, en (13) is dus equivalent met (11).

Schrijft men (13) eerst op voor de kleinste helderheden in het oorspronkelijke en in het gereproduceerde beeld en daarna voor de grootste helderheden, dan krijgt men twee vergelijkingen, waaruit men na deling op elkaar en invoering van de helderheidsomvang c resp. C van beide beelden, de verg. (12) voor γ_{tot} vindt.

De eis (11) treedt dus in de plaats van (9). Vergelijking van (11) met (10) levert direct dat, opdat aan (11) voldaan zal worden, moet gelden:

$$\gamma_{tot} = \gamma_c \cdot \gamma_w. \quad \ldots\ldots \quad (14)$$

Om γ_{tot} te kunnen instellen op de gewenste waarde (12), moet γ_c regelbaar zijn. Is de helderheidsomvang van het diapositief 100 of minder, dan kan dezelfde helderheidsomvang in het beeld gerealiseerd worden, dwz. men kan $\gamma_{tot} = 1$ kiezen. Dit geval is reeds besproken aan het begin van deze paragraaf. Daar in ons geval $\gamma_w = 2{,}5$, is hiervoor $\gamma_c = 0{,}4$ vereist. Is de helderheidsomvang in het diapositief groter dan 100, dan moet deze omvang in het beeld gecomprimeerd worden, dus moet $\gamma_{tot} < 1$. Het kan ook gewenst zijn de contrasten in te „zacht" afgedrukte diapositieven wat op te halen, dus de helderheidsomvang te vergroten. Dan moet $\gamma_{tot} > 1$. Bij de beschreven apparatuur is er van uitgegaan dat γ_c regelbaar moest zijn tussen 0,2 en 0,6.

Uitvoering van de gammacorrector

De electronenbundel in de aftastbuis wordt onderdrukt tijdens de terugslagperiodes. Gedurende deze periodes correspondeert het door de lichtstipaftaster geleverde signaal met absoluut zwart in het diapositief. Van deze omstandigheid wordt gebruik gemaakt om het absolute zwartniveau ook op de weergeefbuis te fixeren, welk zwartniveau dus onafhankelijk is van de instelling van de gammacorrector. In de practijk moet men de eis stellen dat ook het witniveau op de weergeefbuis onafhankelijk zal zijn van de instelling van de gammacorrector, daar een variatie van dit niveau met γ_c zeer storend werkt bij de beoordeling van het effect dat de instelling heeft op de beeldkwaliteit. Van de karakteristieken $v_c = A_c v_i^{\gamma_c}$, met γ_c als parameter, wordt dus verlangd dat zij elkaar

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

snijden in een vast punt met $v_{l\,wit}$ als abscis en $v_{c\,wit}$ als ordinaat (*fig. 9a*). Dit komt hierop neer dat de evenredigheidsconstante A_c een zeer bepaalde functie van γ_c moet zijn, nl. $A_c = v_{c\,wit}\, v_{l\,wit}^{-\gamma_c}$. In vele van de bekende schakelingen van gammacorrectors, waarbij in dit opzicht geen bijzondere maatregelen getroffen zijn, is A_c een andere functie van γ_c dan de gewenste. De karakteristieken van de corrector lopen dan bijv. als geschetst in fig. 9*b*.

In de te beschrijven schakeling is aan de gestelde eis op een bijzonder eenvoudige wijze voldaan.

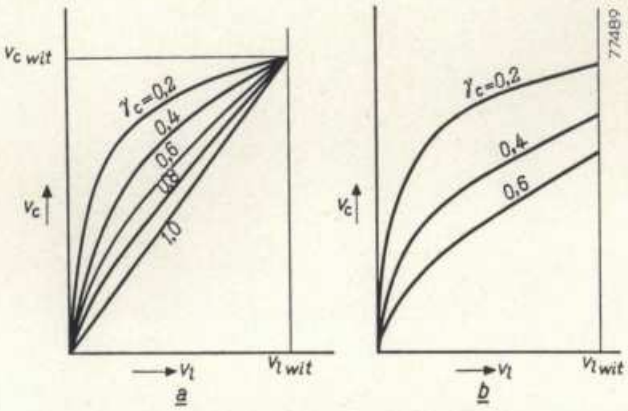


Fig. 9. *a*) Gewenste karakteristieken van de gammacorrector (uitgangsspanning v_c als functie van de ingangsspanning v_l). De krommen zijn machtsfuncties van de vorm $v_c = A_c \cdot v_l^{\gamma_c}$. Met „wit" in het beeld correspondeert het ingangssignaal $v_{l\,wit}$. De eis wordt gesteld dat bij variatie van γ_c het punt met coördinaten $v_{l\,wit}$ en $v_{c\,wit}$ op zijn plaats blijft, waartoe A_c op een zeer bepaalde manier van γ_c moet afhangen.
b) Voorbeeld van de wijze waarop de karakteristieken van de gammacorrector kunnen lopen indien geen speciale maatregelen worden genomen om $v_{c\,wit}$ onafhankelijk te maken van γ_c. De variatie van $v_{c\,wit}$ met γ_c stoort nu de beoordeling van het effect van een verandering van γ_c.

Het signaal v_l, afkomstig van de lichtstipaftaster, wordt toegevoerd aan het stuurrooster van de penthode P (*fig. 10*), met zodanige polariteit dat de anodestroom van deze buis toeneemt indien v_l, dus de doorlating in het diapositief, groter wordt. Bovendien is deze buis — met behulp van een bijzondere schakeling die hier onbesproken blijft en die in fig. 10 ook niet is aangegeven — zo ingesteld dat, als de lichtstipaftaster het signaal levert dat behoort bij absoluut zwart (terugslagperiodes), de anodestroom van P een vaste kleine waarde heeft. Het zal blijken dat het verband tussen de ingangsspanning v_l en de uitgangsspanning v_c van deze schakeling met zeer goede benadering de gewenste vorm (fig. 9*a*) heeft. De waarde van γ_c wordt ingesteld met de weerstanden R_2 en R_3, terwijl het constante witniveau is verkregen door R_1 een geschikte vaste waarde te geven. Wij zullen dit nader toelichten aan de hand van fig. 10 en *fig. 11*.

Bij het signaal $v_{l\,zwart}$ is de anodestroom van P minimaal en de stuurroosterpotentialen van de penthodes I, II en III hebben dan dus hun maximale waarden, die gelijk zijn aan de gemeenschap-

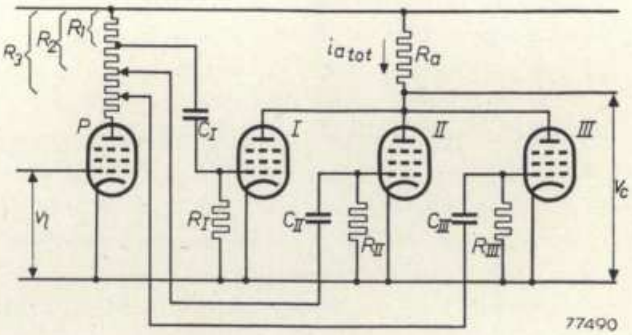


Fig. 10. Principeschakeling van de gammacorrector. Het voor nalichten gecorrigeerde signaal van de lichtstipaftaster v_l wordt toegevoerd aan het rooster van de penthode P, die, met behulp van een bijzondere (niet aangegeven) schakeling, zo is ingesteld, dat de roosterstroom een vaste kleine waarde heeft bij het signaal $v_{l\,zwart}$ (terugslagperiodes). De vorm van de kromme die het verband aangeeft tussen $i_{a\,tot}$ en v_l, kan gewijzigd worden door R_2 en R_3 te variëren. Deze kromme is geconstrueerd in fig. 11.

pelijke kathodepotentiaal. Immers, zouden zij daar boven komen, dan gaan roosterstromen lopen, die de condensatoren C_I, C_{II} en C_{III} zo ver laden dat de stuurroosters automatisch op kathodepotentiaal komen.

In de grafiek van fig. 11*a* is rechts langs de abscis de spanning v uitgezet. De oorsprong van het assenkruis is gekozen in het punt $v_{l\,zwart}$. De stuurroosterpotentialen v_{gI}, v_{gII} en v_{gIII} van de drie penthodes zijn uitgezet langs het deel van de ordinaat onder de abscis. (De oorsprong correspondeert met

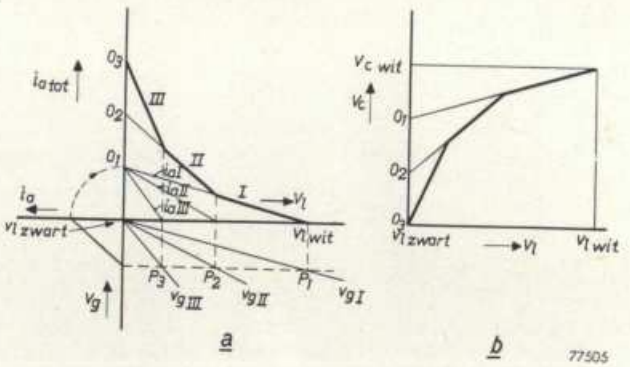


Fig. 11. Constructie van de karakteristiek van de gammacorrector volgens fig. 10.
a) In het vierde kwadrant zijn de stuurroosterspanningen v_{gI}, v_{gII} en v_{gIII} van de penthodes I, II en III uitgezet als functie van v_l. Het derde kwadrant bevat de anodestroom-stuurroosterspanningskarakteristiek van deze drie (identiek gedachte) penthodes. Uit de genoemde krommen zijn in het eerste kwadrant de anodestromen i_{aI}, i_{aII} en i_{aIII} als functie van v_l geconstrueerd. Door optelling is $i_{a\,tot}$ verkregen.
b) De karakteristiek van de gammacorrector volgens fig. 10. Daar $v_c = -i_{a\,tot} R_a$, wordt deze vorm verkregen uit de kromme $i_{a\,tot}(v_l)$ door spiegeling ten opzichte van de abscis.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

kathodepotentiaal.) Deze roosters hebben, zoals boven werd uiteengezet, kathodepotentiaal indien $v_l = v_{l\,zwart}$, en de krommen voor v_g als functie van v_l in het vierde kwadrant gaan dus door de oorsprong. Verder zijn zij alle drie gelijkvormig met de anodestroom-stuurroosterspanningskarakteristiek van de buis P, daar v_{gI}, v_{gII} en v_{gIII} evenredig zijn met de anodestroom door deze buis. De hellingen verhouden zich als $R_1{:}R_2{:}R_3$.

In het derde kwadrant is uitgezet de i_a-v_g karakteristiek van de penthodes I, II en III, die voor de eenvoud identiek gedacht zijn. In fig. 11*a* is R_1 zo gekozen dat bij $v_{l\,wit}$ de anodestroom van buis I juist nul is. (Desnoods mag bij $v_{l\,wit}$ de anodestroom nog een kleine waarde hebben.) Uit de krommen in het vierde kwadrant zijn, met behulp van de i_a-v_g karakteristiek in het derde kwadrant de grafieken geconstrueerd die het verband aangeven tussen v_l en de anodestromen in de buizen I, II en III (eerste kwadrant). Door optelling van de verkregen drie krommen is de totale roosterstroom $i_{a\,tot}$ door de gemeenschappelijke anodeweerstand R_a bepaald als functie van v_l. Bij variatie van R_2 en R_3 verschuiven de punten P_2 en P_3. De krommen i_{aII} en i_{aIII} in het eerste kwadrant draaien dan om het punt O_1 en de delen II en III van de kromme voor $i_{a\,tot}$ draaien resp. om de punten O_2 en O_3. De vorm van laatstgenoemde kromme is dus regelbaar, maar het uiteinde bij zwart (O_3) blijft op zijn plaats, evenals het uiteinde bij wit (mits $v_{l\,wit}$ correspondeert met een punt op het vaste gedeelte I van de kromme). Daar de buiskarakteristieken waaruit de kromme is afgeleid niet recht zijn en bovendien geen scherp afknijppunt hebben, is de werkelijke kromme niet geknikt, maar heeft zij een vloeiend verloop. Voor de uitgangsspanning v_c van deze gammacorrector geldt $v_c = -i_{a\,tot} \cdot R_a$. (Zoals altijd wanneer het signaal wordt afgenomen in de anodeketen van een buis, moet een min-teken worden toegevoegd: de buis keert het signaal om.)

De vorm van de kromme die het verband vastlegt tussen v_c en v_l wordt dus verkregen door de kromme voor $i_{a\,tot}$ uit fig. 11*a* te spiegelen ten opzichte van de abscis (fig. 11*b*). Dat deze vorm inderdaad aan de gewenste kan worden aangepast door regeling van R_2 en R_3, is gedemonstreerd in *fig. 12* voor twee waarden van γ_c.

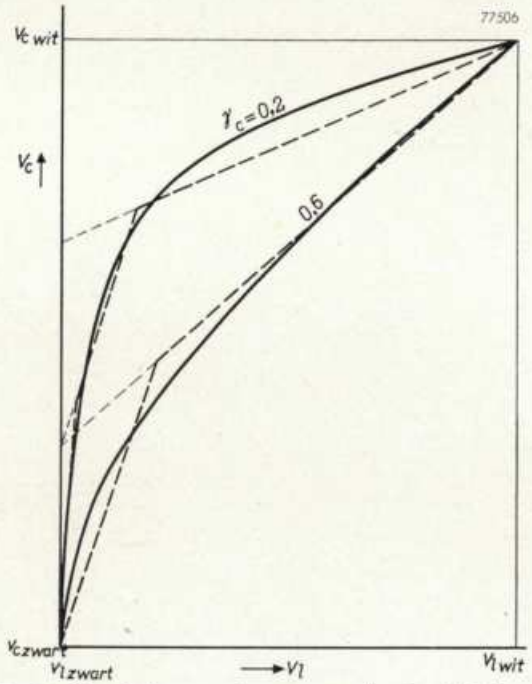
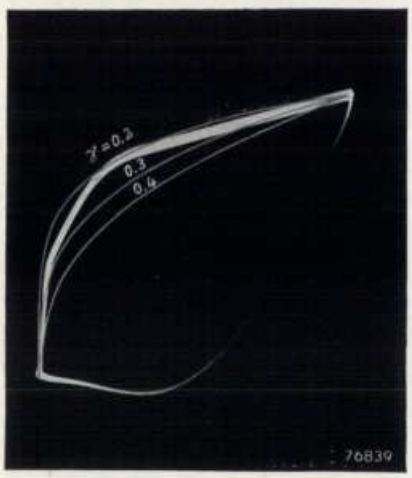


Fig. 12. Benadering van de gewenste karakteristieken met de gammacorrector voor $\gamma_c = 0{,}2$ en 0,6. In werkelijkheid zijn de knikken afgerond, zie fig. 13.



a *b* *c*

Fig. 13. Oscillogrammen die demonstreren hoe met de gammacorrector exacte karakteristieken voor verschillende waarden van γ_c kunnen worden benaderd. De exacte krommen zijn dun ingetekend voor $\gamma_c = 0{,}2$, 0,3 en 0,4.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

a *b*

Fig. 14. Beeld op de weergeefbuis zonder (*a*) en met gammacorrectie (*b*). De helderheidsomvang van het diapositief was zo groot dat de gamma van de corrector op ongeveer 0,3 moest worden ingesteld.

De karakteristiek van de gammacorrector kan op het scherm van een kathodestraaloscillograaf zichtbaar gemaakt worden. Voor v_i neemt men dan een zaagtandspanning, die men ook de horizontale afbuiging op de oscillograaf laat verzorgen, terwijl de verkregen uitgangsspanning v_c de verticale afbuiging bestuurt. In *fig. 13* zijn enige krommen gereproduceerd die langs deze weg zijn verkregen, terwijl *fig. 14* een indruk geeft van de invloed die de gammacorrectie op het beeld uitoefent.

Door in plaats van drie penthodes er vier of meer parallel te schakelen, is in principe een nog betere benadering van de gewenste karakteristieken mogelijk.

Het weergeven van negatieven

Het is voor de niet-ingewijde wellicht verrassend dat men met de beschreven lichtstipaftaster ook rechtstreeks negatieven kan aftasten en als positief beeld weergeven. Om te zien wat daarvoor nodig is, stellen wij ons eerst nog eens voor dat wij uitgaan van een diapositief. De eis die men aan het uiteindelijke beeld stelt, is eigenlijk niet dat de helderheid hierin de doorlating in het diapositief juist weergeeft, maar dat de helderheid B_s in de scène waarnaar het diapositief is vervaardigd, juist wordt overgebracht. Van de oorspronkelijke scène is gewoonlijk eerst langs normale fotografische weg een negatief vervaardigd. Het is een eigenschap van het fotografische procédé dat de doorlating a_n in het negatief met de helderheid B_s in de scène samenhangt volgens een machtsfunctie:

$$a_n \sim B_s^{\gamma_n}.$$

Hierin heeft γ_n een waarde tussen —0,4 en —0,8. Dat γ_n negatief is, ziet men direct in door te bedenken dat een grote helderheid in de scène correspondeert met een kleine doorlating in het negatief [4]).

Van het negatief wordt, opnieuw langs fotografische weg, het diapositief vervaardigd, waarvan de doorlating a_p samenhangt met a_n volgens:

$$a_p \sim a_n^{\gamma_p}.$$

Hierin is γ_p natuurlijk weer negatief.

Wij hebben reeds besproken dat a_p via een aantal machtsfuncties ten slotte getransformeerd wordt in de helderheid B_w op de weergeefbuis. De gehele transformatie van B_s tot B_w geschiedt dus door machtsfuncties en in zo'n geval kan de totale transformatie worden voorgesteld door:

$$B_w \sim B_s^{\gamma_{tot}}, \quad \ldots\ldots \quad (15)$$

waarin γ_{tot} gelijk is aan het product van de exponenten der achtereenvolgende transformaties. Hier is dus

$$\gamma_{tot} = \gamma_n \cdot \gamma_p \cdot \gamma_c \cdot \gamma_w.$$

γ_{tot} moet positief zijn, omdat een negatieve γ_{tot} zou betekenen dat op de buis een negatief beeld verschijnt (grote B_s zou betekenen een kleine B_w, zie (15)). γ_n en γ_p zijn beide negatief en γ_w is positief, zodat de γ_c van de gammacorrector positief moet worden gemaakt.

Gaan we nu uit van een negatief, dan is

$$\gamma_{tot} = \gamma_n \cdot \gamma_c \cdot \gamma_w.$$

Om nu een positieve γ_{tot} te krijgen, moet γ_c negatief zijn, wat betekent dat de karakteristiek

[4]) De lezer die bekend is met fotografische procédé's zal wellicht aanstoot nemen aan de invoering van negatieve gamma's. De negatieve waarden zijn het gevolg van het gebruik van de doorlating a, in plaats van de in de fotografie gebruikelijke zwarting.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van de gammacorrector er uit moet zien als in *fig. 15* is geschetst. De karakteristiek van de gammacorrector (fig. 11*b*) krijgt de goede vorm als ze gespiegeld wordt ten opzichte van een lijn evenwijdig aan de abscis. Dit spiegelen bereikt men door een

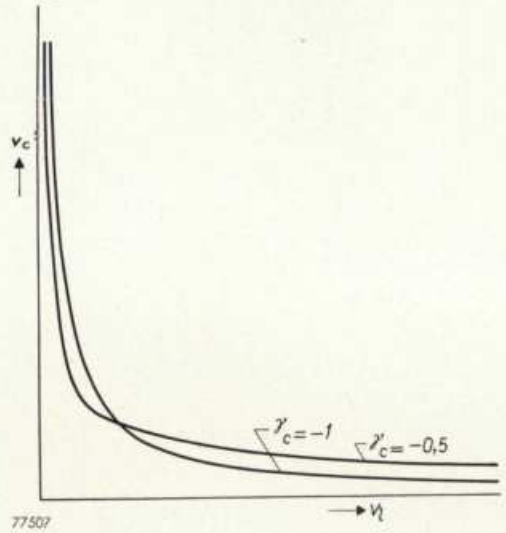


Fig. 15. De machtsfunctie $v_e \sim v_i^{\gamma_c}$ voor negatieve waarden van γ_c.

extrabuis achter de corrector te schakelen (omkering van het signaal). Dank zij de flexibiliteit van de gammacorrector kan ook nu de juiste vorm met voldoende nauwkeurigheid ingesteld worden.

Een complicatie treedt nog op doordat er gedurende de terugslagtijden geen stroom vloeit in de fotocel, wat voor negatieven correspondeert met het helderste wit. Om de terugslag op de weergeefbuis te onderdrukken, moet men dus nog lijn- en beeldonderdrukkingsimpulsen bij het signaal mengen met een amplitude die gelijk is aan het maximale „wit"-signaal.

Men zou geneigd zijn te denken dat men ook van negatieven kan uitgaan, indien men niet het uitgangs-, maar het ingangssignaal van de gammacorrector omkeert. Bij nadere beschouwing blijkt dit echter niet het geval te zijn. Omkeren van het signaal betekent immers dat v_e overgaat in $v_0 - v_e$, waarin v_0 een constant referentieniveau voorstelt. Omkeren komt dus overeen met aftrekken van een constante, terwijl de gammacorrector het signaal tot de macht γ_c verheft. Daar aftrekken en machtsverheffen geen commutatieve bewerkingen zijn, zal de volgorde van uitvoering het eindresultaat beïnvloeden.

De beschreven apparatuur kan toepassing vinden, overal waar men de beschikking wenst te hebben over een beeldsignaal van zeer goede kwaliteit, dus in laboratoria en in fabrieken van televisieapparatuur. Een directe practische toepassing in de televisiestudio is het gebruik voor het uitzenden van lantaarnplaatjes, zoals de testplaat, het weerkaartje of van tekeningen en foto's ter illustratie van lezingen. Een belangrijke toepassing is ongetwijfeld het uitzenden van films. De complicaties die daarbij optreden, zullen te zijner tijd in dit tijdschrift ter sprake komen.

Samenvatting. Voor het opwekken van televisiebeeldsignalen, uitgaande van doorzichtig vlak beeldmateriaal (diapositieven en microscopische preparaten), is een lichtstipaftaster ontwikkeld, waarbij de lichtbron gevormd wordt door de lichtstip op een speciaal voor dit doel geschikte kathodestraalbuis (de aftastbuis). Met deze apparatuur kunnen beelden van zeer goede kwaliteit verkregen worden: geen vervorming, grote scherpte en goede gradatie. De invloed van het onvermijdelijke nalichten van de fosfor van de aftastbuis kan worden gecompenseerd door een versterking die afhankelijk is van de frequentie. Aangezien echter de signaal-ruisverhouding hierdoor ongunstig wordt beïnvloed, is de aftastbuis voorzien van een zeer kort nalichtende fosfor.

De lichtstipaftaster levert, na de compensatie van het nalichten, een signaal dat evenredig is met de doorlating in het te reproduceren diapositief. Wegens de niet-lineaire karakteristiek van de weergeefbuizen moet het signaal gecorrigeerd worden om een natuurgetrouw beeld op het televisiescherm te krijgen. Dit geschiedt met behulp van een zg. gammacorrector, die bovendien zo uitgevoerd is dat men de contrasten in een te hard of te zacht afgedrukt diapositief toch op de juiste wijze in het beeld kan weergeven. Voor deze gammacorrector is een bijzonder eenvoudige en doeltreffende schakeling uitgewerkt.

Men kan ook, door een eenvoudige wijziging van de gammacorrector, rechtstreeks een negatief aftasten en als een positief beeld weergeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN KATHODESTRAALBUIS VOOR LICHTSTIPAFTASTING

door A. BRIL, J. de GIER en H. A. KLASENS.

621.385.832:621.397.611.2:535.373.3

De kathodestraalbuis die dient voor de lichtstipaftasting van transparant beeldmateriaal in de televisie, wijkt in allerlei opzichten af van weergeef- of oscillograafbuizen. Interessant zijn vooral de uitvoering van het venster en de keuze van de fosfor die voor het fluorescentiescherm wordt toegepast.

In het voorafgaande artikel [1]) is een methode beschreven — de zg. lichtstipaftasting — om doorzichtige vlakke objecten (diapositieven, films, microscopische praeparaten) met behulp van televisie zichtbaar te maken. De methode berust erop dat met constante intensiteit een raster wordt beschreven op het vlakke scherm van een kathodestraalbuis, welk raster door middel van een optisch systeem op het object wordt afgebeeld. Het doorgelaten licht, dat, wegens de van punt tot punt verschillende doorlating van het object, in intensiteit is gemoduleerd, wordt verzameld in een fotocel. De door deze cel geleverde stroom vormt, na versterking en na het aanbrengen van zekere correcties, het uit te zenden televisiesignaal. Aan de ontvangzijde wordt dit signaal op bekende wijze, door een synchroon werkende kathodestraalbuis, in een beeld omgezet.

De bijzondere eisen welke door het systeem worden gesteld aan de kathodestraalbuis die als lichtbron aan de zendzijde moet fungeren, hebben geleid tot een speciaal voor dit doel geschikte constructie en tot een speciale keuze van de fosfor. In het volgende zullen hierover enige bijzonderheden worden meegedeeld.

Algemene vormgeving van de buis

De bedoelde kathodestraalbuis is gebouwd volgens hetzelfde principe als de vroeger beschreven kathodestraalbuis voor televisie-ontvangst met geprojecteerd beeld [2]). Dit is begrijpelijk als men bedenkt dat in beide gevallen een lichtsterk raster van betrekkelijk kleine afmetingen gewenst is.

De aan het raster te stellen optische eisen zijn echter in sommige opzichten verschillend van die bij de buis voor televisieprojectie. Bij deze laatste moest, in verband met de afbeeldingsoptiek (een Schmidt-optiek), het raster beschreven worden op een bolvormig oppervlak. In het geval van de lichtstipaftaster worden niet dermate hoge eisen gesteld aan de nuttig te gebruiken lichtstroom, zodat van een lenzenoptiek kan worden gebruik gemaakt. Daar de voor ons doel het meest geschikte lenzen er op berekend zijn van een vlak voorwerp een vlak beeld te ontwerpen (zie I), heeft men in dit geval de kathodestraalbuis voorzien van een vlak venster. Dit heeft nog het voordeel dat men de fosforlaag gemakkelijker volgens een bezinkingsmethode kan aanbrengen, hetgeen van belang kan zijn in verband met de keuze van de fosfor.

In verband met het gebruik van een lensoptiek is het niet nodig de afmetingen van de kathodestraalbuis zo klein te houden als die van de televisieprojectiebuis. Een wat grotere buis heeft het voordeel dat men grotere toleranties in de afmetingen kan toelaten en dat de puntscherpte minder hoog behoeft te worden opgevoerd. De halsdiameter is gebracht van 21,5 op 36 mm. Evenals bij de projectiebuis wordt gebruik gemaakt van magnetische

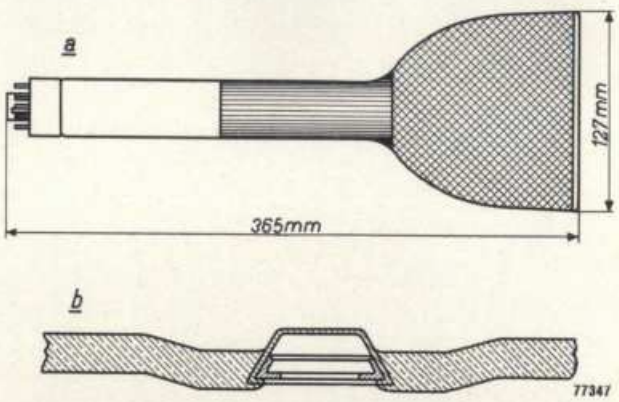


Fig. 1. *a*) Afmetingen van de buis voor lichtstipaftasting. *b*) Doorvoering van de anodespanning.

focussering en magnetische afbuiging, waardoor de constructie eenvoudig wordt. De focusseerspoel heeft een speciale constructie gekregen, waarbij erop gelet is dat het raster tot in de hoeken scherp wordt getekend.

Fig. 1a toont de afmetingen van de buis. Men ziet hieruit dat het venster een diameter heeft van ca. 127 mm, dat is het dubbele van het venster van de projectiebuis MW 6-2. De maximale afmeting

[1]) F. H. J. van der Poel en J. J. P. Valeton, Philips techn. T. **15**, 217-228, 1953 (No. 8). In het vervolg aangeduid met I.

[2]) Zie J. de Gier, Philips techn. T. **10**, 129-136, 1948.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(diagonaal) van het raster is ca. 120 mm; echter behoeft de grootte van het raster niet constant te zijn. Afhankelijk van de omstandigheden zal men vaak met een kleiner raster willen werken. Dit heeft men natuurlijk in de hand door de stroomamplitude van de afbuigspoelen te variëren.

Fig. 2 toont een foto van de buis, met de focusseerspoel en de afbuigspoelen.

Fig. 2. De kathodestraalbuis voor lichtstipaftasting (type No. MC 13-16) met de focusseer- en de afbuigspoelen.

De constructie van het electronenkanon

Het electronenkanon van de lichtstipaftaster is gebouwd volgens het principe van het kanon van de projectiebuis [3]). Het is in hoofdzaak een triodekanon bestaande uit een indirect verhitte kathode, een rooster en een anode. Weliswaar is er nog een afschermelectrode, de zg. vonkvanger, tussen het rooster en de anode geplaatst, doch deze beïnvloedt de eigenlijke functie van het kanon niet. De vonkvanger wordt namelijk met de kathode verbonden en dient slechts om te verhinderen dat, indien in de buis onverhoopt enig gas vrij zou komen, er een schadelijke doorslag tussen kathode en anode zou optreden. De electrodes van het kanon hebben overigens een circa $1^1/_2\times$ zo grote diameter als die van de televisieprojectiebuis, waardoor overslag wel zeer onwaarschijnlijk is geworden.

De spanning tussen kathode en anode is, evenals bij het projectiebuisje, ca. 25 kV, de straalstroomsterkte waarmee gewoonlijk gewerkt wordt, ligt in de buurt van 0,1 mA. Door aan het rooster verschillende potentialen te geven, heeft men het in de hand deze stroomsterkte naar behoeven op verschillende waarden in te stellen. Bij een triode wordt, zoals bekend is, de karakteristiek bepaald door de gradient van de potentiaal aan het kathodeoppervlak, waarop de afstand van de anode en de diameter van de roosterboring van invloed zijn. Doordat het scherm groter is, mag de lichtvlek ook groter zijn. De roosterboring is daarom wat vergroot (0,6 in plaats van 0,5 mm) en de anodeafstand is zodanig gekozen dat de gewenste karakteristiek is verkregen. In tegenstelling met de projectiebuis, waar de straalstroomsterkte door het signaal wordt gemoduleerd en dus voortdurend varieert, wordt hier met een in de tijd constante stroomsterkte gewerkt. De i_a-v_g-karakteristiek van de buis speelt hier dus slechts een ondergeschikte rol. De stroomtoevoer naar het gloeilichaam van de indirect verhitte kathode en het toevoeren van diverse spanningen aan kathode, rooster en vonkvanger geschieden via de buisvoet, terwijl de anode in de nabijheid van het scherm een uitvoer naar buiten heeft, waar de anodespanning wordt toegevoerd. De anode is daartoe door een veercontact verbonden met een ringvormige zilverlaag die op de binnenzijde van de hals is aangebracht. Deze ring maakt contact met een aluminiumlaag die het inwendige van de hals en van de kop geheel bedekt. Van een eventuele spiegeling van deze laag behoeft men geen nadelige gevolgen te vrezen, daar, evenals bij de projectiebuis, het scherm aan de anodezijde eveneens met een dunne, ondoorzichtige, aluminiumlaag (schermspiegel) is bedekt.

Ten einde een goede verbinding van de inwendige aluminiumlaag met de doorvoerelectrode te verzekeren, is inwendig nog een laagje colloïdaal grafiet („Aquadag") aangebracht. Bij de projectiebuis is de doorvoerelectrode aan de buitenzijde omgeven door een glazen buisje, dat overslag tussen deze electrode en de geleidende geaarde buitenwand moet beletten. Bij de buis voor lichtstipaftasting heeft men de voorkeur gegeven aan een doorvoerelectrode die in de buiswand verzonken is. Deze bestaat feitelijk uit een doosje („cavity contact") dat aan de buitenzijde open is en voorzien van een ring waarin de toevoerkabel zich door middel van haakjes kan vastklemmen, zie fig. 1*b*. Het gevaar van overslag heeft men ondervangen door de kop

[3]) Voor de details van de constructie van dit kanon zij verwezen naar Philips techn. T. **9**, 181-185, 1947.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

van de buis uitwendig niet geleidend te maken maar deze te bedekken met een isolerende, water afstotende, laklaag. De hals van de buis is echter, evenals bij de projectiebuis, van buiten met een geleidende grafietlaag bedekt.

Het venster

Het venster van de buis moet aan bijzondere eisen voldoen. Wij vermeldden reeds dat het een vlak venster is. Daar wegens de kleinere relatieve opening van de optiek de scherptediepte veel groter is dan bij de Schmidt-optiek van de projectiebuis, moet bijzondere zorg worden besteed aan de buitenzijde van het venster. Deze zijde wordt namelijk bijna even scherp op het diapositief afgebeeld als de binnenzijde, waarop de fosforlaag is aangebracht. Daarom moet ervoor gezorgd worden dat de buitenzijde geen vlekken of krassen vertoont, daar deze dan in het televisiebeeld zichtbaar zouden zijn.

Bijzondere zorg moet ook worden besteed aan de keuze van het glas. Het venster vertoont namelijk in het algemeen een neiging tot verkleuren, zowel onder invloed van de primaire electronen (indringdiepte ca. 8 μ) als onder invloed van de electronen die in het glas ontstaan ten gevolge van de door het electronenbombardement teweeggebrachte zachte röntgenstralen. De verkleuring ten gevolge van röntgenstralen is reversibel, dwz. zij verdwijnt met verloop van tijd, vooral bij hoge temperatuur.

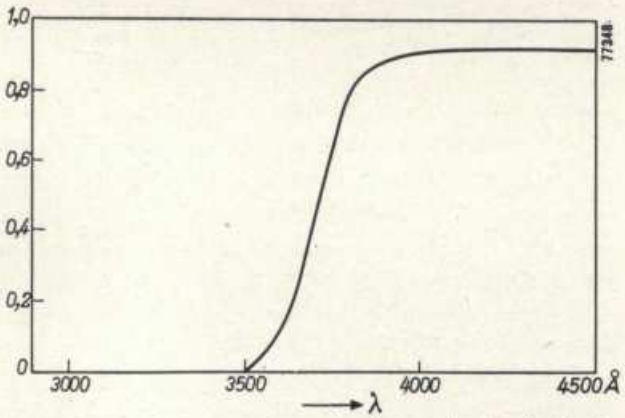


Fig. 3. De doorlating van het gebruikte ceriumhoudende glas als functie van de golflengte.

De verkleuring door kathodestralen is niet reversibel; men kan deze verkleuring tegengaan door zo zuiver mogelijk glas te gebruiken. De verkleuring door röntgenstralen kan grotendeels worden voorkomen door gebruik van een speciaal, ceriumhoudend glas [4]), dat dan ook in de beschreven buis wordt toegepast.

[4]) J. de Gier en J. A. M. Smelt, USA patent 2 477 329. De samenstelling van dit glas is: SiO_2 66%, B_2O_3 2%, Na_2O 5%, K_2O 10%, BaO 15%, CeO_2 2%. Ook andere samenstellingen, alle met 2% CeO_2, zijn mogelijk.

In *fig. 3* is de doorlating van dit glas als functie van de golflengte weergegeven. Hieruit blijkt dat de doorlating bij golflengten <3900 Å sterk daalt. Dit is echter geen bezwaar omdat, zoals we zullen zien, de toegepaste fosfor zijn maximale emissie heeft bij golflengten $>$ 3900 Å.

Keuze van de fosfor

Het procédé van de lichtstipaftaster stelt hoge eisen aan de fosfor. Elk punt van het raster wordt door de kathodestraal getroffen gedurende ca. $0{,}5 \cdot 10^{-7}$ sec. Het is gebleken dat in verband met het optreden van „ruisvegen" (zie I, p. 223) de nalichttijd van de fosfor liefst ook niet langer moet zijn dan 10^{-7} sec en hoogstens enkele malen dit bedrag.

In het genoemde artikel is ook vermeld dat (als de nalichttijd langer is dan $3 \cdot 10^{-7}$ sec), de kwaliteit van een fosfor voor lichtstipaftasting beter is naarmate de grootheid

$$Q = \eta/\tau^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

een grotere waarde heeft. In (1) stelt η het energierendement van de fosfor en τ de nalichttijd voor; bij fosforen met een exponentiële lichtterugval is dit dus de tijd waarin het uitgezonden licht tot een fractie 1/e van de beginwaarde daalt.

In het algemeen kan men de fosforen in drie groepen verdelen [5]):

1) De fosforen waarbij de lichtterugval bepaald wordt door recombinatie van electronen en geioniseerde centra („bimoleculair" proces). De lichtterugval is hierbij niet exponentieel in de tijd en bovendien afhankelijk van de intensiteit van de excitatie. Voorbeelden van deze fosforen, die in de practijk voor de lichtstipaftasting worden gebruikt, zijn ZnO en ZnS.

Zuiver ZnO vertoont een ultraviolette emissie bij $\lambda = 3900$ Å, ZnO met overmaat Zn heeft een groene emissie met een maximum bij 5050 Å. De terugval van de ultraviolette emissie is zeer snel en vindt grotendeels plaats binnen 10^{-6} sec. Het uitgezonden licht wordt echter door de fosfor zelf sterk geabsorbeerd. Het energierendement is dan ook klein, ca. 0,2%. Een ander gevolg van genoemde absorptie is dat kleine dikteverschillen van het scherm aanleiding geven tot grote verschillen in intensiteit. Er worden dan ook hoge eisen gesteld aan de homogeniteit van het scherm. Het rendement van groen lichtend ZnO is veel groter, in de gunstig-

[5]) Zie A. Bril en H. A. Klasens, New phosphors for flying-spot cathode-ray tubes, Philips Res. Rep. **7**, 421-431, 1952, No. 6. Vgl. ook F. A. Kröger, Toepassing van luminescerende stoffen, Philips techn. T. **9**, 216-223, 1947 en W. de Groot en J. H. Gisolf, Philips techn. T. **3**, 245-251, 1938.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

ste gevallen ca. 7%, maar de terugvaltijd is ongeveer 10× zo lang. Daarom verdient, in verband met formule (1), ultraviolet fluorescerend ZnO de voorkeur.

2) Een tweede groep van fosforen zijn die waarbij de fluorescerende eigenschappen te danken zijn aan bepaalde atoomgroepen, zoals wolframaten, molybdaten, zirconaten, titanaten, uranylverbindingen. Deze fosforen vertonen een exponentiële lichtterugval, echter met tamelijk lange nalichttijden (10^{-4} tot 10^{-6} sec), waardoor ze voor ons doel minder goed bruikbaar zijn.

Een interessante tot deze groep behorende fosfor is ongeactiveerd zirconiumpyrofosfaat, ZrP_2O_7, met een nalichttijd van $2 \cdot 10^{-6}$ sec. Deze fosfor heeft een emissieband in het ultraviolet met een maximum bij $\lambda = 2850$ Å en een vrij hoog energierendement (3,5%). Daarom is hij bij uitstek geschikt voor ultravioletmicroscopie met behulp van lichtstipaftasting. De kleine golflengte van het licht heeft daarbij een dubbel voordeel, daar enerzijds het scheidend vermogen van een microscoop met afnemende golflengte toeneemt, anderzijds allerlei bestanddelen van levende cellen, zoals bijv. nucleïnezuren, het ultraviolet absorberen en dus door contrastwerking zichtbaar kunnen worden gemaakt, terwijl diezelfde bestanddelen zichtbaar licht nagenoeg volkomen doorlaten, zodat ze normaliter in de microscoop onwaarneembaar zijn.

3) Een derde groep van voor ons doel belangrijke fosforen is die waarbij de fluorescentie te danken is aan ionen met onvolledig bezette schillen, zoals Mn^{2+}, Mn^{4+}, Cr^{3+}, Sn^{2+}, Sb^{3+}, Pb^{2+}, Tl^{+}, Bi^{3+} en ionen van de zeldzame aardmetalen. Ook deze fosforen vertonen een exponentiële lichtterugval. De terugvaltijd is enerzijds bepaald door de aard van het ion (aard van de electronenovergang die de emissie bepaalt), anderzijds door het kristalrooster waarvan het ion deel uitmaakt. Een voorbeeld van het laatste geval is ZnF_2-Mn, waarvan de nalichttijd 10× zo lang is als die van Zn_2SiO_4-Mn (willemiet), terwijl men in beide gevallen te maken heeft met hetzelfde ion (Mn^{2+}) en met dezelfde electronenovergang binnen dat ion. De nalichttijd van een aantal fosforen van groep 3 is in *tabel I* aangegeven. Behalve de nalichttijd zijn, zoals reeds werd gezegd, het rendement en de kleur (golflengte) mede bepalend voor de keuze. Een bijzondere plaats nemen de onder in de tabel vermelde, met cerium geactiveerde fosforen in. Deze hebben een nalichttijd van 10^{-6} à 10^{-7} sec. Daarbij hebben zij een hoog rendement bij bestraling met kathodestralen [6]) (tot 4%). In *fig. 4* is de spectrale verdeling van de emissie van een aantal ceriumfosforen aangegeven. Deze vertonen alle een maximale emissie bij golflengten kleiner dan 3800 Å. Zij zijn dus niet bruikbaar in combinatie met het bovenvermelde ceriumhoudende glas, dat licht van deze golflengten sterk absorbeert.

Tabel I. Nalichttijd van een groep fosforen, geactiveerd door ionen met onvolledig bezette schillen.

activator	grondmateriaal	terugvaltijd sec
Mn^{2+}	silicaten, fosfaten, fluoriden	10^{-1} tot 10^{-3}
Mn^{4+}	Mg_2TiO_4	10^{-3}
Cr^{3+}	Al_2O_3	10^{-2}
Sn^{2+}	β-$Ca_2P_2O_7$	$7 \cdot 10^{-6}$
	$NaCaPO_4$	$6 \cdot 10^{-6}$
Sb^{3+}	apatiten	$5 \cdot 10^{-6}$
	MgS	10^{-6}
Tl^{+}	NaJ	$< 10^{-6}$
	$Ca_3(PO_4)_2$	10^{-6}
Pb^{2+}	$BaSO_4$	10^{-6}
Bi^{3+}	β-$Ca_2P_2O_7$	$2 \cdot 10^{-6}$
Ce^{3+}	fosfaten, silicaten	$< 4 \cdot 10^{-7}$

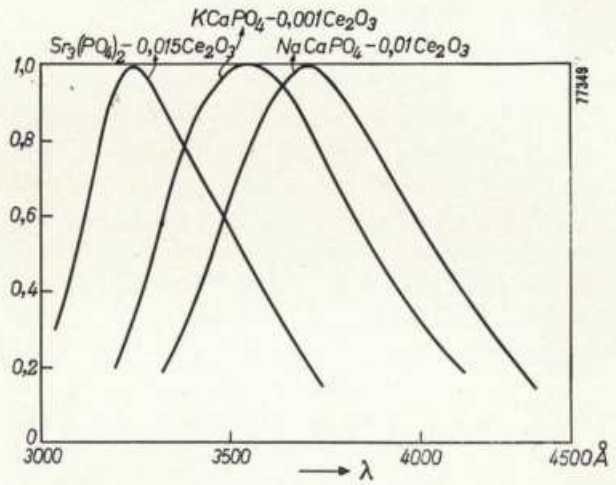


Fig. 4. Spectrale verdeling van de emissie van een aantal ceriumhoudende fosforen.

Daarom wordt in de door ons beschreven buis gebruik gemaakt van een speciale met cerium geactiveerde fosfor, namelijk $2CaO.Al_2O_3.SiO_2$-0,015 Ce_2O_3. Het grondmateriaal van deze fosfor is ook als mineraal (gehleniet) bekend. Deze fosfor heeft niet alleen een gunstige nalichttijd ($<4 \cdot 10^{-7}$ sec) maar bovendien een redelijk hoog rendement.

De spectrale energieverdeling vertoont een maximum bij ongeveer 4000 Å en het spectrum strekt zich uit tot voorbij 4500 Å, zodat het licht een blauwviolette kleur heeft.

[6]) Zie A. Bril en H. A. Klasens, Intrinsic efficiencies of phosphors under cathode-ray excitation, Philips Res. Rep. **7**, 401-420, 1952 (No. 6), en: Het rendement van de fluorescentie van kathodestraalbuizen, Philips techn. T. **14**, 378-387, 1952 (No. 12).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

In verband met deze spectrale verdeling is het van belang niet alleen de transmissie van het venster van de buis te kennen, maar ook die van de glazen objectieflens welke het scherm op het diapositief afbeeldt en van de met het oog op de betere

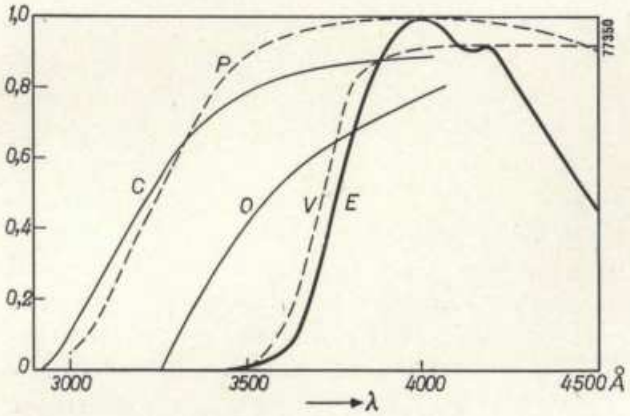


Fig. 5. Spectrale verdeling E van de emissie van de gehleniet-fosfor. Tevens is aangegeven de spectrale gevoeligheid P van de caesium-antimoniumfotocel, alsmede de doorlating, als functie van λ, van het venster van de kathodestraalbuis (V, zelfde kromme als in fig. 3), van de objectieflens (O) die het raster van het scherm afbeeldt op het af te tasten diapositief, en van de condensorlens (C) die het doorgelaten licht verzamelt op de fotocel.

doorlating uit een doorzichtig plasticum („Perspex") vervaardigde condensorlens, welke het doorgelaten licht op de fotocel concentreert. Bovendien is de spectrale gevoeligheid van de gebruikte caesium-antimoniumfotocel van belang. In *fig. 5* zijn al deze krommen, met de emissiekromme van de fosfor zelf, weergegeven. Men ziet dat het maximum van de spectrale verdeling van de gehleniet-emissie practisch samenvalt met dat van de spectrale gevoeligheid van de fotocel en dat de absorptie van de lenzen en van het venster weinig stoort.

Het meten van de nalichttijd

De korte nalichttijden van de ceriumfosforen zijn in het algemeen niet gemakkelijk nauwkeurig te meten. Het beste kan dit gebeuren in de lichtstipaftaster zelf. Plaatst men in de opstelling een testplaat, zoals die voor televisiedoeleinden wordt gebruikt (zie I, fig. 3), dan blijkt ook zonder enige correctie reeds een behoorlijk beeld gevormd te worden, hoewel de scherpte der zwart-wit-overgangen langs iedere beeldlijn nog te wensen overlaat. Met behulp van de in I besproken schakeling met twee R-C-kringen kan de scherpte optimaal worden ingesteld. Daarbij bedragen in het geval van de gehlenietfosfor de producten R_1C_1 en R_2C_2 ongeveer 10^{-7} resp. $2{,}5\cdot10^{-6}$ sec, terwijl $R_1/R_2 \approx 33$. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat het overgrote deel van de straling een nalichttijd van ca. 10^{-7} sec bezit. Hierbij moet echter in aanmerking worden genomen dat in dit geval niet meer voldaan is aan de in I vermelde voorwaarde dat de tijd gedurende welke aan de fosfor energie toegevoerd wordt, d.i. ca. $0{,}5\cdot10^{-7}$ sec (zie boven), klein moet zijn vergeleken met de nalichttijd [7]). Daardoor gelden de in I afgeleide verg. (2) voor de door de fotocel geleverde signaalstroom en dus ook verg. (4) en (6a,b) niet exact. Inderdaad heeft men met behulp van een speciale schakeling met aanzienlijk grotere aftastsnelheid (en daarbij aangepaste grotere bandbreedte van de versterker), waarbij wèl aan de genoemde voorwaarde was voldaan, enigszins gewijzigde RC-waarden gevonden. Aldus bleek dat de belangrijkste component een nalichttijd heeft van slechts $0{,}3\cdot10^{-7}$ sec.

Bij een verse buis gelukt het met twee R-C-kringen niet, de onscherpte geheel te doen verdwijnen. Men moet dan nog een derde R-C-element toevoegen, en de waarde die men aan de R en de C van dit element moet geven, verandert daarbij voortdurend. Eerst nadat de buis enige uren heeft gewerkt, is compensatie met twee R-C-kringen mogelijk en kan de derde kring achterwege blijven. Tegelijkertijd is het rendement van de fosfor op ongeveer de helft gedaald, om dan verder practisch constant te blijven of hoogstens zeer langzaam af te nemen. Het ziet er dus naar uit alsof de vers geprepareerde fosfor een lang nalichtende component met een hoog rendement bevat, welke door het werken van de buis wordt vernietigd.

Daarom worden de buizen bij de fabricage kunstmatig veroud door de fosfor enige uren aan de kathodestralen bloot te stellen. Na deze belasting veranderen het nalichten en het rendement practisch niet meer en kan het resterende nalichten met een schakeling met twee R-C-leden worden gecompenseerd.

[7]) In I is deze voorwaarde aldus geformuleerd dat de afmeting van de lichtstip klein moet zijn ten opzichte van de afstand waarover de fosfor merkbaar nalicht.

Samenvatting. Er wordt een buis beschreven die dienen moet om de uitzending van vlakke beelden (diapositieven, films) volgens het procédé van de lichtstipaftasting mogelijk te maken. De bijzondere eisen die dit procédé aan de kathodestraalbuis stelt, worden besproken, waarbij achtereenvolgens ter sprake komen de mechanische constructie, het electronenkanon, de optische eisen en glastechnische problemen en ten slotte de keuze van de fosfor, welke in dit geval een zeer korte nalichttijd (10^{-6} tot 10^{-7} sec) moet hebben. In de beschreven buis wordt een gehlenietfosfor gebruikt (calciumaluminium-silicaat), geactiveerd met cerium.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN MERKWAARDIGE ETSING VAN KOPER

620.183.23

Het hier gereproduceerde, kleurrijke beeld werd verkregen van het oppervlak van een plaatje zuiver koper (O.F.H.C. kwaliteit) dat gedurende 10 seconden was geëtst in een oplossing van zilvernitraat [1]). Het geëtste oppervlak werd volgens de normale methode van de optische microscopie gefotografeerd met erop vallend gepolariseerd licht, bij een bijna gekruiste stand van polarisator en analysator. Vergroting ruim 150×.

De sprekende kleuren dragen ertoe bij, een bijzonder duidelijk beeld van de polykristallijne structuur van het metaal te verschaffen. Voor het tot stand komen van de kleuren kunnen wij geen tot in bijzonderheden verantwoorde verklaring geven, maar waarschijnlijk moeten de kleuren in hoofdzaak worden toegeschreven aan interferentieverschijnselen, die optreden door dubbele breking in een dun laagje aan het oppervlak. De volgende toelichting kan hierbij wellicht nuttig zijn.

Het prepareren van een metaal voor een microscopisch onderzoek als hier bedoeld, geschiedt in twee stappen: het oppervlak moet eerst geheel vlak en glad worden gemaakt door fijn slijpen en polijsten; vervolgens wordt door het plaatsen in een etsvloeistof, die de verschillend georienteerde kristallieten in het oppervlak met verschillende snelheid aantast, een onderlinge differentiatie bewerkstelligd, zodat de structuur zichtbaar wordt. Het polijsten geschiedde vroeger steeds mechanisch. Bij zachte en zeer zuivere metalen krijgt men dan een uiterste oppervlaktelaag die sterk is vervormd en bovendien in aanzienlijke mate is verontreinigd met ingedrongen polijstmiddel.

Voor de meest gebruikte, op empirische grondslag ontwikkelde etsmethodes was dit geen bezwaar, omdat hierbij het metaal opgelost wordt, tot een zodanige diepte dat de gedeformeerde polijstlaag verdwijnt. Er bestaan echter ook etsmethodes waarbij het metaaloppervlak niet wordt „afgegraven" maar waarbij een gedeeltelijke vervanging van het oppervlaktemateriaal of zelfs een „ophoging" optreedt. Een dergelijke methode, berustend op het beginsel van de electrochemische verdringing, is ook toegepast bij het hier afgebeelde preparaat. Voorwaarde voor het toepassen van deze wijze van etsen op een zacht materiaal als koper is de vervanging van het mechanisch polijsten door het electrolytisch (of ook chemisch) polijsten [2]). Men verkrijgt aldus oppervlakken die vrijwel ideaal voorbereid zijn voor het microscopisch onderzoek, geheel vrij van krassen en van iedere verontreiniging of vervorming.

De etsing door electrochemische verdringing hebben wij hier beproefd, daar zij misschien de mogelijkheid zal openen een kwantitatieve bepaling van de „sterkte" van de etsing in te voeren en dan ook kwantitatieve conclusies uit de verkregen etsbeelden te trekken — een doel waarvan men op het ogenblik nog zeer ver verwijderd is. Bij de electrochemische verdringing wordt een edel metaal (in ons geval zilver) dat in de vorm van ionen in een waterige oplossing aanwezig is, daaruit verdrongen door in die oplossing een minder edel metaal te plaatsen (het te etsen koper). De reactie die daarbij plaatsvindt, is:

$$Cu + 2\,Ag^{+} \rightleftarrows Cu^{++} + 2\,Ag,$$

waarbij onder de door ons gekozen omstandigheden het zilver als een op het koper hechtend laagje neerslaat. Deze reactie gaat in principe door totdat er een zeer bepaalde verhouding van de concentraties aan zilver- en koperionen in de oplossing bereikt is. Men zal dus het gedrag van de etsvloeistof ten opzichte van het metaal door een enkele parameter kunnen bepalen.

De afsluiting van het koperoppervlak door het zich vormende zilverlaagje zal natuurlijk in ons geval na enige tijd de verdere uitwisseling remmen, doch dit behoeft voor het metallografische onderzoek geen bezwaar op te leveren; het is immers juist het begin-verloop van de reactie dat leidt tot de zichtbaarwording der kristallieten, dank zij het feit dat het gevormde zilverlaagje door een verschillende uitwisselingssnelheid plaatselijke verschillen in dikte vertoont.

Terloops zij nog vermeld dat het zilver waarschijnlijk in zo reactieve vorm wordt neergeslagen dat het bij kamertemperatuur met de luchtzuurstof reageert en dat we dus in feite niet met een dun laagje van zilver doch van zilveroxyde te maken hebben.

Het zal nu duidelijk zijn hoe de laagjes ontstaan waaraan de kleuren van het hier gereproduceerde etsbeeld te danken zijn. Er zij nog opgemerkt dat het waarnemen met gepolariseerd licht niet steeds noodzakelijk is. Soms zijn er reeds in gewoon licht kleuren te zien. Deze kleuren veranderen

[1]) Gegevens van de oplossing: 0,1 gew.% $AgNO_3$ en 10 vol.% HNO_3 ($d = 1{,}4$) in gedestilleerd water. De etsing geschiedde bij kamertemperatuur.

[2]) P. A. Jacquet, Bull. Soc. Chim. France, 5e série **3**, 705, 1936.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

indien men het door het preparaat gereflecteerde licht door een analysator laat gaan — heel begrijpelijk, daar de reflectie gepaard gaat met gedeeltelijke polarisatie. Door het opvallende licht te polariseren, worden de kleureffecten echter in elk geval veel sprekender.

Ook bij de etsing van zuiver koper met sterk salpeterzuur — waarbij geen laagjes worden gevormd doch alleen „afgraving" optreedt — ziet men de kristallieten gekleurd, doch nu alleen bij waarneming in gepolariseerd licht. Deze etsing is gekenmerkt door de vorming van talrijke etsfiguren (putten van bepaalde geometrische vorm) op de kristallieten en het ligt dan voor de hand dat in dit geval de sterke polarisatie, die optreedt als gevolg van meervoudige reflectie in de etsputten, in hoofdzaak verantwoordelijk is voor het ontstaan van een kleurrijk beeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Ter toetsing van de hier gegeven verklaring, die de kleuren in het geval van de etsing met zilvernitraat toeschrijft aan de aanwezigheid van een anisotroop, dubbelbrekend laagje en in het geval van de etsing met salpeterzuur aan de karakteristieke topografie van het oppervlak, hebben wij op beide preparaten een zeer dun laagje zilver opgedampt [3]). Dit laagje werd zo dun gekozen dat het in alle details de vorm van het oppervlak volgt — eventueel optredende specifieke reflectieverschijnselen blijven dus bestaan —, maar toch zo dik dat het niet aan de buitenkant gereflecteerde licht geheel geabsorbeerd wordt: de optische werking van een onderliggend anisotroop laagje kan dus niet meer tot uiting komen. Zoals te verwachten was, deed deze behandeling bij het eerste preparaat de kleureffecten te niet, terwijl deze bij het tweede preparaat niet noemenswaard werden beïnvloed.

Voor een meer gedetailleerde verklaring van de kleurverschijnselen zouden wij meer moeten weten omtrent de samenstelling, de structuur en de dikte der door electrochemische verdringing ontstane laagjes.

Om misverstand te vermijden, dient ten slotte nog er op gewezen dat verschil moet worden gemaakt tussen de metalen met een regulaire (kubische) kristalstructuur, zoals koper, zilver, ijzer enz., en niet-regulaire metalen, zoals bismuth, antimonium, uranium enz. Bij de laatstgenoemde treedt reeds bij de reflectie van loodrecht invallend licht aan een glad, schoon oppervlak een anisotropie-effect van de verschillend georienteerde kristallieten op, zodat men daar zonder enige etsing ook al kleurrijke beelden van de structuur kan verkrijgen [4]).

J. J. de JONG.

[3]) E. C. W. Perry en J. M. Lack, Nature **167**, 479, 1951.

[4]) *Noot bij de proef:* Een fraai voorbeeld hiervan zijn de beelden van electrolytisch gepolijst bismuth, die B. W. Mott geeft in Endeavour **12**, 154-161, 1953 (fig. 2a-d). De bijzonderheden van de te volgen werkwijze in dit geval zijn daar tevens gegeven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN AUTOMATISCHE MEETBRUG VOOR GEBRUIK IN DE INDUSTRIE

door H. J. ROOSDORP. 621.317.733.083.4.078:621.317.39

Voor de contrôle en eventuele regeling van industriële processen is het vaak gewenst om te beschikken over electrische meetapparaten die een grote gevoeligheid en nauwkeurigheid paren aan een zeer robuuste constructie en grote betrouwbaarheid. Door toepassing van een nulmethode met automatische compensatie kon een apparaat worden geconstrueerd dat aan de bovenvermelde eisen in hoge mate voldoet.

De grote vooruitgang van de electronentechniek, die zulk een belangrijke bijdrage heeft geleverd tot de ontwikkeling der telecommunicatie, heeft ook de techniek der electrische metingen met rasse schreden vooruitgebracht. Het spreekt wel haast vanzelf dat velen zich hebben beziggehouden met de vraag hoe deze geperfectionneerde meettechniek kan worden toegepast voor het meten van niet-electrische grootheden. Zeer vele metingen in de industrie en in laboratoria hebben betrekking op mechanische, physische of chemische verschijnselen. Om deze metingen met de hulpmiddelen der electronentechniek te kunnen verrichten, moet men de te meten grootheid omzetten in een electrische die tot de te meten grootheid in een bekend verband staat. De hiertoe dienende apparaten worden meestal aangeduid als opnemers. Voorbeelden hiervan zijn gegeven in nevenstaande tabel.

Uit deze tabel blijkt dat de meest voorkomende electrische grootheden die bij het gebruik van dergelijke opnemers gemeten moeten worden, gelijkspanningen en weerstanden zijn. Dit is niet geheel toevallig. Deze grootheden zijn het gemakkelijkst met grote nauwkeurigheid te meten en daarom wordt bij de keuze van het principe van de opnemer doelbewust hiernaar gestreefd. In dit artikel zullen wij een beschrijving geven van een apparaat waarmede gelijkspanningen, weerstanden en in het algemeen impedanties met een grote nauwkeurigheid kunnen worden gemeten en dat door zijn robuuste constructie geschikt is om in combinatie met een opnemer in de industrie te worden gebruikt, zowel voor meting als voor registratie en automatische regeling van vele niet-electrische grootheden [1]).

Te meten grootheid	Opnemer	Electrische grootheid
temperatuur	thermo-element	gelijkspanning
	weerstandsthermometer	weerstand
	totale-stralingspyrometer	gelijkspanning of weerstand
druk kracht (gewicht)	rekstrookje	weerstand
verplaatsing	differentiaaltransformator	zelfinductie
hoeveelheid gas of vloeistof	meetflens en drukverschilopnemer	weerstand of zelfinductie
vochtigheid	dauwpuntsopnemer met weerstandsthermometer	weerstand
	natte en droge weerstandsthermometer	weerstand
	geleidingsvermogensopnemer	weerstand
p_H	glas-calomelelectrode	gelijkspanning
lichtsterkte	fotocel	gelijkspanning
	keerlaagcel	weerstand
ioniserende straling	ionisatiekamer	gelijkstroom
	Geiger-Müllerbuis	gelijkstroom

Verschillende meetmethodes

Spanningen, stromen en impedanties kunnen op twee principieel verschillende manieren worden gemeten, nl. volgens de uitslagmethode en volgens de vergelijkings- of nulmethode.

Voorbeelden van instrumenten die bij de eerstgenoemde methode worden gebruikt, zijn voor het meten van gelijkspanning: electrostatische volt-

[1]) Een dergelijk registreerapparaat, zij het in een iets andere uitvoering dan dat hetwelk hier wordt beschreven, werd reeds tijdens de oorlog in een der Philips-laboratoria geconstrueerd door G. W. Rathenau.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

meters; voor gelijkstroom: draaispoelinstrumenten en weekijzerinstrumenten; en voor impedanties: kruisspoel- en kruisveldinstrumenten.

Een belangrijk voordeel van de uitslagmethode is dat het meetinstrument een direct afleesbare uitslag geeft, die in een bekend verband staat met de te meten grootheid. Een nadeel van deze methode is echter dat de nauwkeurigheid vaak onvoldoende is, doordat de eigenschappen van het meetinstrument hierbij in het geding komen. Een tweede nadeel is dat voor het verkrijgen van een uitslag een zeker vermogen nodig is. Kan de opnemer slechts een zeer klein vermogen leveren, dan moet een zeer gevoelig meetinstrument worden gebruikt of tussen de opnemer en het meetinstrument een versterker worden geschakeld. De nauwkeurigheid van de meting hangt in het laatste geval echter ook af van de mate waarin de versterking constant is.

Bij de nulmethode wordt de te meten grootheid vergeleken met een andere, nauwkeurig bekende, grootheid van dezelfde soort. Dit kan geschieden met een spanningscompensator, een stroomcompensator of wel, wanneer de te meten grootheid een impedantie is, met een brugschakeling. Het meetinstrument dient hierbij alleen als indicator en de nauwkeurigheid van de meting hangt dus niet van de nauwkeurigheid van dit instrument af. Daar het meetinstrument alleen als nulindicator wordt gebruikt, kan het met een grotere gevoeligheid worden uitgevoerd dan bij de uitslagmethode. (Bovendien kan ook hier de gevoeligheid door het gebruik van een versterker worden vergroot. De versterking behoeft hierbij niet nauwkeurig bekend en ook niet constant te zijn.) Hierdoor is de nulmethode zowel nauwkeuriger als gevoeliger dan de uitslagmethode. Een nadeel van de nulmethode is echter dat steeds eerst een instelling dient plaats te hebben, alvorens de waarde van de gevraagde grootheid, bijv. op de vergelijkingsweerstand, kan worden afgelezen.

Automatische compensatie

Wanneer dus een meting met een grote nauwkeurigheid dient te geschieden, is men aangewezen op de compensatie- of nulmethode. Het nadeel dat voor iedere meting de compensator moet worden ingesteld, kan worden opgeheven door deze instelling automatisch door een servomotor te doen geschieden [2]). De te meten grootheid is bij een dergelijke „automatische meetbrug" direct afleesbaar, evenals bij de uitslagmethode. Een voordeel dat tevens door het servosysteem wordt geboden, is dat een veel grotere instelkracht kan worden verkregen dan bij de uitslagmethode. Hierdoor is het met een nulmethode met automatische compensatie gemakkelijker om het meetsysteem te koppelen met een schrijf of stempelmechanisme teneinde de waarnemingen continu te registreren. Dank zij de grote instelkracht is het ook mogelijk een dergelijke automatische meetbrug te gebruiken voor regelsystemen.

Het volgende getallenvoorbeeld moge één en ander verduidelijken. Bij een draaispoelmeter is het instelkoppel van de draaispoel:

$$M = B\,i\,l\,d\,w, \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

waarin

M = het koppel in Nm,
B = de magnetische inductie in de luchtspleet in Wb/m^2 ($1\ Wb/m^2 = 10^4$ gauss),
i = de stroom in de draaispoel in A,
l = de lengte van de zich in het magnetisch veld bevindende delen van de draaispoel in m,
d = de diameter van de draaispoel in m,
w = het aantal windingen.

Wanneer de weerstand van de spoel 400 Ω bedraagt, is bij het meten van een spanning van 10 mV (bijv. afkomstig van een thermo-element) de stroom $i = 25\ \mu A$. Is nu verder $B = 0{,}3\ Wb/m^2$, $l = 3$ cm, $d = 2$ cm, $w = 1000$, dan is het instelkoppel $4{,}5 \cdot 10^{-4}$ N cm = 46 mg cm. Dit koppel moet evenwicht maken met dat van de spiraalveren. Bij verandering van de te meten stroom is het verschil tussen het koppel dat de draaispoel in het magnetisch veld ondervindt en het koppel van de spiraalveren beschikbaar voor verandering van de uitslag. Verandert de stroom met 1%, dan is voor verandering van de uitslag een koppel van 0,46 mg cm beschikbaar. De kracht aan het uiteinde van een 10 cm lange wijzer bedraagt dus in dit geval 46 µg, wat nog juist voldoende kan zijn voor een aanwijzend, doch beslist onvoldoende is voor een direct registrerend instrument.

De instelkracht kan worden vergroot door het gebruik van een versterker. De toelaatbare versterking wordt echter beperkt door de maximale dissipatie in de draaispoel. Nemen wij hiervoor bijv. 1 W aan en stellen wij de weerstand van de draaispoel weer op 400 Ω, dan bedraagt de maximaal toelaatbare stroom in deze spoel 50 mA. Het maximaal bereikbare instelkoppel is dus dan 2000 maal zo groot als in het hierboven berekende voorbeeld. Voor een spanningsvariatie van 1% is dus in dit geval aan de punt van een 10 cm lange

[2]) Een meetopstelling waarin dit principe werd toegepast, is reeds in dit tijdschrift beschreven door R. Vermeulen, Philips techn. T. 4, 371-373, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

wijzer een kracht van 92 mg beschikbaar. Dit is nog juist voldoende voor het gebruik van een inktschrijver, doch men dient dan de uiterste zorgvuldigheid bij de constructie en het gebruik in acht te nemen.

Bij gebruik van een nulmethode met automatische compensatie zoals we hieronder zullen beschrijven, is een kracht van enige honderden grammen beschikbaar. Deze kracht wordt geleverd door een inductiemotor aan welks stuurwikkeling door een versterker een vermogen van ongeveer 4 W wordt toegevoerd (om een dergelijke kracht met een draaispoelinstrument volgens de uitslagmethode te kunnen verkrijgen, zou voor maximale uitslag een vermogen van 10^{10} W nodig zijn!).

Een meetopstelling, werkende volgens de nulmethode met automatische instelling, kan ook gemakkelijk zodanig worden uitgevoerd dat de insteltijd veel kleiner is dan die van een gevoelig meetinstrument dat zonder versterker wordt gebruikt volgens de uitslagmethode. Voor technische uitvoeringsvormen kan de tijd die nodig is voor het doorlopen van de gehele schaal minder dan 1 sec bedragen.

Voor industriële toepassingen biedt dus het gebruik van een nulmethode met automatische compensatie verschillende voordelen, nl. een grote nauwkeurigheid, een grote instelkracht en een grote snelheid. Met het toestel dat wij hier zullen beschrijven [3]), worden spanningen en impedanties volgens zulk een methode gemeten en desgewenst geregistreerd.

Fig. 1 toont dit toestel zoals het in gebruik is voor het meten en registreren van de temperatuur bij het pasteuriseren van melk.

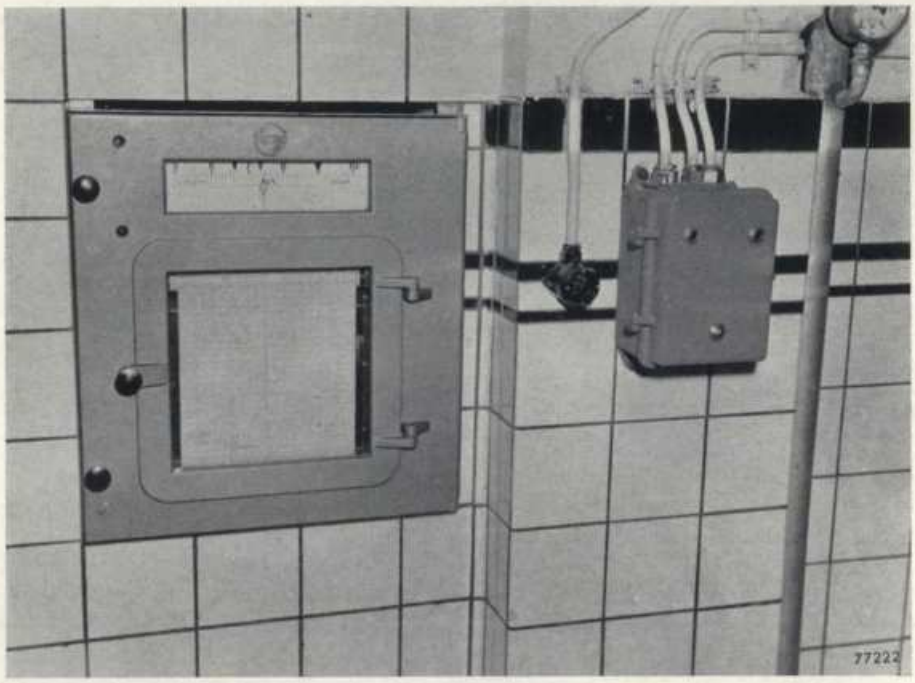


Fig. 1. De automatische meetbrug type serie PR 2000 met registratie-inrichting, in gebruik voor het meten en registreren van de temperatuur bij het pasteuriseren van melk.

Principe van de automatische meetbrug

In fig. 2, 3, 4 en 5 zijn enkele schakelingen geschetst die kunnen dienen voor het meten van gelijkspanningen en van weerstanden volgens de nulmethode met automatische compensatie. In *fig. 2*

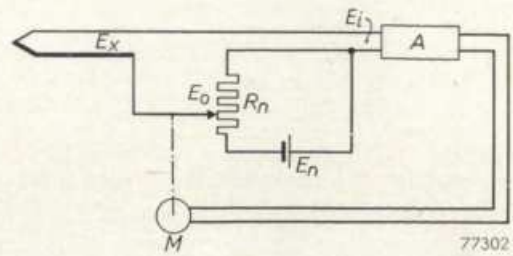


Fig. 2. Principeschema van een opstelling voor het meten van de spanning E_x van een thermo-element volgens de nulmethode met automatische compensatie. E_n bron van de vergelijkingsspanning, R_n potentiometer, A versterker, M motor. De motor stelt het glijcontact zodanig in dat het verschil E_i tussen E_x en E_0 practisch nul wordt.

[3]) Type serie PR 1000 voor aanwijzende en serie PR 2000 voor registrerende apparaten. Het gebruik van de automatische meetbrug voor regeling van industriële processen zal in een volgend artikel worden behandeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

wordt de spanning E_x van een thermo-element vergeleken met de spanning E_0 die met behulp van de geijkte spanningsdeler R_n wordt verkregen van de spanningsbron E_n waarvan de spanning nauwkeurig bekend is. Hiertoe wordt het verschil E_i van E_x en E_0 aan de versterker A toegevoerd. De versterkte spanning drijft de motor M aan, die mechanisch is gekoppeld met het glijcontact van de spanningsdeler R_n. Dit contact wordt door de motor steeds in een zodanige richting bewogen dat het verschil tussen E_x en E_0 kleiner wordt. Wanneer de door A geleverde versterking voldoende groot is, komt de motor reeds bij zeer kleine waarden van E_i in beweging, zodat practisch E_0 gelijk aan E_x wordt. Men kan dus dan E_x op een langs R_n aangebrachte schaal aflezen.

In vele gevallen is het gewenst het nulpunt niet aan het begin van de schaal (dus aan het begin van de spanningsdeler) te leggen. Dit is bijv. het geval bij metingen met onderdrukt schaalbegin (dus met een meetgebied van bijv. 50-150 mV

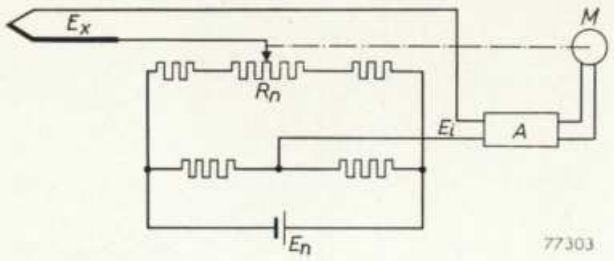


Fig. 3. Schakeling voor het meten van de spanning E_x van een thermo-element, waarbij het nulpunt van de schaal niet met een uiteinde van de potentiometer R_n overeenkomt. De compensatiespanning wordt verkregen van de diagonaal van een brugschakeling.

in plaats van 0-100 mV) of wel wanneer het meetgebied zich zowel over positieve als negatieve spanningen uitstrekt (dus bijv. van $-$ 10 tot $+$ 100 mV). In dit geval wordt de spanningsdeler van fig. 2 vervangen door een brugschakeling (*fig. 3*). Deze schakeling heeft bovendien nog het voordeel dat in één of meer takken van de brug veranderlijke weerstanden (bijv. afhankelijk van de temperatuur) kunnen worden opgenomen, ten einde het meetresultaat onafhankelijk te maken van bepaalde storende effecten. Zo kan de verandering van de electromotorische kracht van een thermo-element door temperatuurvariaties van de koude las op deze wijze worden gecompenseerd.

In *fig. 4* is een schema getekend voor het meten van de weerstand R_x van een weerstandsthermometer. In de eenvoudigste schakeling, die hier is getekend, is deze weerstand opgenomen in één der takken van een brugschakeling. Ook hier wordt het glijcontact van de spanningsdeler R_n door de motor M zodanig bewogen dat de brug in evenwicht komt en de aan de versterker A toegevoerde spanning E_i practisch nul wordt.

In *fig. 5* is een schema weergegeven dat vaak wordt gebruikt voor metingen met rekstrookjes.

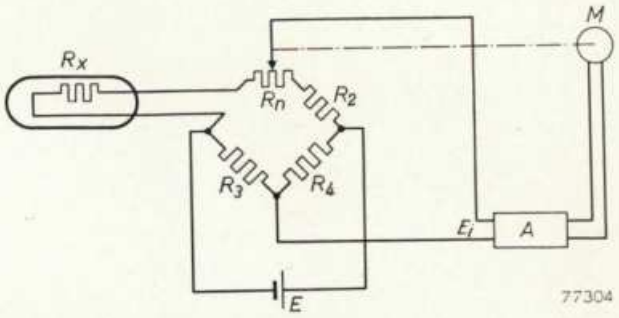


Fig. 4. Principeschema van een opstelling voor het meten van de weerstand R_x van een weerstandsthermometer.

Deze strookjes, die door de weerstanden R_s zijn voorgesteld, zijn hier tot een brugschakeling samengevoegd. Hierdoor is de invloed van weerstandsveranderingen in de leidingen tussen de strookjes zeer gering. De meting geschiedt met behulp van een tweede brugschakeling, waarin de door de motor M bestuurde meetpotentiometer R_n is opgenomen. De beide brugschakelingen worden door één transformator gevoed. De motor stelt het glijcontact van de potentiometer R_n zodanig in dat de spanning tussen de punten a en b practisch gelijk is aan de spanning tussen c en d, zodat de aan de versterker toegevoerde verschilspanning E_i zeer klein is.

De nauwkeurigheid van de meting wordt bij

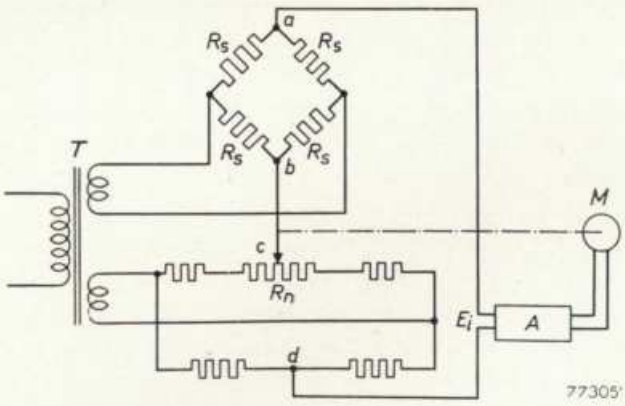


Fig. 5. Schakeling voor metingen met rekstrookjes. Deze strookjes, die hier zijn voorgesteld door de weerstanden R_s, zijn opgenomen in een brugschakeling. De meetpotentiometer R_n is opgenomen in een tweede brugschakeling. De beide brugschakelingen worden door één transformator (T) gevoed. De motor stelt het glijcontact van R_n zodanig in dat het verschil E_i van de spanning tussen a en b en de spanning tussen c en d nagenoeg nul is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

voldoende versterking bepaald door de nauwkeurigheid waarmede de weerstanden en bij spanningsmetingen bovendien de spanning E_n bekend zijn. Apparaten die bestemd zijn om in de industrie te worden gebruikt, worden meestal met een nauwkeurigheid van $\frac{1}{4}\%$ uitgevoerd.

De gevoeligheid, d.i. de kleinste waarde van E_i waarbij de motor nog in beweging komt, wordt bepaald door de versterking van A. Electronisch zijn zeer grote versterkingen met robuuste apparaten te bereiken, waardoor in de practijk gevoeligheden tot 1 μV realiseerbaar zijn.

De snelheid waarmede de instelling geschiedt, wordt bepaald door de uitvoering van het servosysteem. Door het gebruik van een snel lopende motor kan de insteltijd zeer klein worden, bijv. kleiner dan 1 sec. Het gevaar bestaat echter hierbij dat het instelmechanisme blijvende schommelingen om het juiste instelpunt blijft uitvoeren. Om dit te voorkomen, moet de beweging worden gedempt. De grootte van de benodigde demping kan als volgt worden berekend.

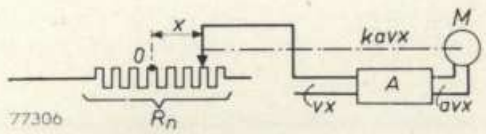


Fig. 6. Wanneer het glijcontact van de potentiometer R_n zich op een afstand x van het instelpunt O bevindt, wordt aan de versterker A een spanning vx toegevoerd. De versterker levert dan een spanning avx, die de motor een kracht $kavx$ op het glijcontact doet uitoefenen.

In *fig. 6* is het punt van de potentiometer R_n waar het glijcontact zich moet bevinden wanneer aan de versterker A geen spanning wordt toegevoerd, aangeduid met O. Wij noemen nu:

x de afwijking van het glijcontact ten opzichte van het punt O,

vx de spanning die dan aan de versterker A wordt toegevoerd,

a de door A geleverde versterking,

$kavx$ de door de motor M op de bewegende delen uitgeoefende kracht indien de aan de motor toegevoerde spanning avx is,

m de massa van de bewegende delen.

Was de beweging van het glijcontact volkomen ongedempt, dan zou de afstand x als functie van de tijd t gegeven zijn door de volgende vergelijking:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+kavx=0. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

De waarde van x die hieraan voldoet, kan als functie van de tijd worden voorgesteld door een ongedempte trilling met de hoekfrequentie

$$\omega=\sqrt{\frac{kav}{m}}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

Thans zullen wij aannemen dat een dempende kracht aanwezig is die evenredig is met de snelheid van de bewegende delen. Bij een snelheid dx/dt zij deze kracht gelijk aan $p\,dx/dt$. De bewegingsvergelijking wordt nu:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+p\frac{dx}{dt}+kavx=0. \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Hieruit volgt voor x een waarde die als functie van de tijd kan worden voorgesteld door een gedempte trilling, waarvan de amplitude evenredig is met $e^{-pt/2m}$. Zoals bij de meeste meetinstrumenten wenst men ook hier een aperiodieke instelling. De waarde van p zal dus zo groot moeten zijn dat kritische demping optreedt. Dit is het geval voor

$$p^2=4\,mkav. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Mechanisch is het zeer moeilijk om een reproduceerbare waarde van p te verwezenlijken. Electrisch is dit echter wèl op eenvoudige wijze mogelijk, nl. door met de motor M een tachometergenerator G te koppelen, die een spanning levert welke evenredig is met de snelheid. Bij een snelheid dx/dt zij

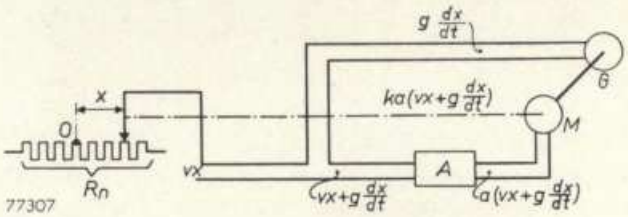


Fig. 7. Met de motor M is een tachometergenerator G gekoppeld, die een spanning levert welke evenredig is met de snelheid. Door deze spanning aan de ingang van de versterker toe te voeren, verkrijgt men een demping van de beweging van het instelmechanisme.

deze spanning gelijk aan $g\,dx/dt$. De door de generator G geleverde spanning wordt tezamen met de spanning van de potentiometer R_n aan de ingang van de versterker toegevoerd (*fig. 7*). Wanneer geen mechanische demping aanwezig is, wordt de bewegingsvergelijking nu:

$$m\frac{d^2x}{dt^2}+ka\left(vx+g\frac{dx}{dt}\right)=0. \quad . \quad . \quad (6)$$

De hieruit volgende waarde van x kan als functie van de tijd worden voorgesteld door een gedempte

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

trilling waarvan de amplitude evenredig is met $e^{-kagt/2m}$. Kritische demping treedt op voor

$$g^2 = \frac{4mv}{ka}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (7)$$

Door verandering van de uitgangsspanning van de generator (dus van g) kan de demping op de juiste waarde worden ingesteld.

Voor het verkrijgen van een grote gevoeligheid is het nodig dat bij een zeer kleine waarde x_{min} van x de motor minstens een zekere kracht K_{min} levert, die nodig is om het instelmechanisme in beweging te brengen. Hieruit volgt:

$$kavx_{min} = K_{min}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (8)$$

dus de benodigde versterking is

$$a = \frac{K_{min}}{kvx_{min}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

Uit (7) en (9) volgt dat voor de waarde van g waarbij kritische demping optreedt, geldt:

$$g^2 = \frac{4mv^2x_{min}}{K_{min}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (10)$$

Uit (9) en (10) zien wij dat de gewenste waarden van a en g afhankelijk zijn van v, dus van het meetgebied. Wanneer over een ander gebied wordt gemeten, moet dus zowel g als a opnieuw worden ingesteld. Dit bezwaar is te ondervangen door het splitsen van de versterker in twee gedeelten, A_1 en A_2, zoals in *fig. 8* is voorgesteld. De bewegingsvergelijking wordt nu verkregen door in (6) v te vervangen door va_1 en a door a_2. Volgens (8) moet, om het instelmechanisme bij een kleine waarde x_{min} van x in beweging te doen geraken, voldaan zijn aan de vergelijking:

$$ka_1a_2vx_{min} = K_{min}$$

of

$$a_1 = \frac{K_{min}}{ka_2vx_{min}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (11)$$

Kritische demping ontstaat voor

$$g^2 = \frac{4mva_1}{ka_2}, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (12)$$

waaruit in verband met (11) volgt:

$$g^2 = \frac{4mK_{min}}{k^2a_2^2x_{min}}. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (13)$$

We zien hieruit dat g thans onafhankelijk is van v. Bij verandering van het meetgebied behoeft dus g niet opnieuw te worden ingesteld. Volgens (11) kan men volstaan met het wijzigen van a_1.

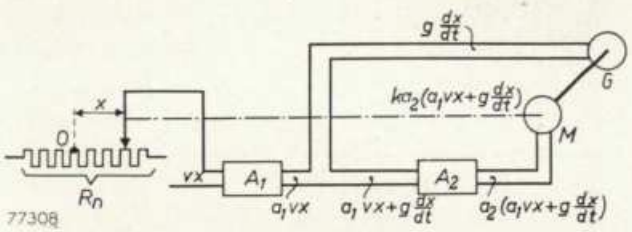


Fig. 8. Indien de versterker is gesplitst in twee gedeelten, A_1 en A_2, is het niet nodig bij verandering van het meetgebied de versterking zowel als de spanning die de generator G bij een bepaalde snelheid levert (de factor g), te wijzigen. Men kan dan volstaan met het wijzigen van de versterking a_1 van het versterkergedeelte A_1.

De opbouw

De opbouw van de automatische meetbrug is schematisch weergegeven in *fig. 9*. De weerstanden die tezamen met de potentiometer R_n de eigenlijke meetschakeling vormen, zijn opgenomen in een verwisselbaar onderdeel B. Door verwisseling van B kan op een ander meetgebied worden overgegaan. Het glijcontact van de potentiometer R_n is gemonteerd op een wagen W, die langs een as C kan worden bewogen door de motor M. Hiertoe zijn een tandwieloverbrenging en een slipkoppeling D aangebracht. De stand van de wagen wordt door een wijzer op de schaal S aangegeven. Op de motoras is tevens de rotor van de tachometergenerator G bevestigd. De versterkers en de voedingsapparaten zijn in verwisselbare chassis in het rek E geplaatst. Het chassis *1* levert de voedingsspanning E_B voor de meetschakeling. Op het chassis *2* is de versterker gemonteerd, die in fig. 8 met A_1 is aangeduid. De in fig. 8 met A_2 aangegeven versterker is in twee gedeelten gesplitst, die op de chassis *3* en *4* zijn gemonteerd. Aan het chassis *3* wordt dus behalve de uitgangsspanning van *2* ook de spanning E_G van de generator toegevoerd. Op het chassis *4* is de eindtrap ondergebracht. De uitgangsspanning E_u van dit gedeelte wordt aan de motor M toegevoerd. Ten slotte is op het chassis *5* het voedingsapparaat voor de beide versterkers ondergebracht. Tussen de chassis *4* en *5* kunnen nog chassis worden geplaatst die worden gebruikt wanneer het apparaat wordt toegepast voor automatische regeling. We zullen ons echter hiermede in dit artikel niet bezighouden [3]).

Om een grote betrouwbaarheid, die bij gebruik in de industrie noodzakelijk is, te bereiken, worden alle onderdelen ver beneden hun toelaatbare grenzen belast. Het gebruik van onderdelen met een beperkte levensduur is vermeden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

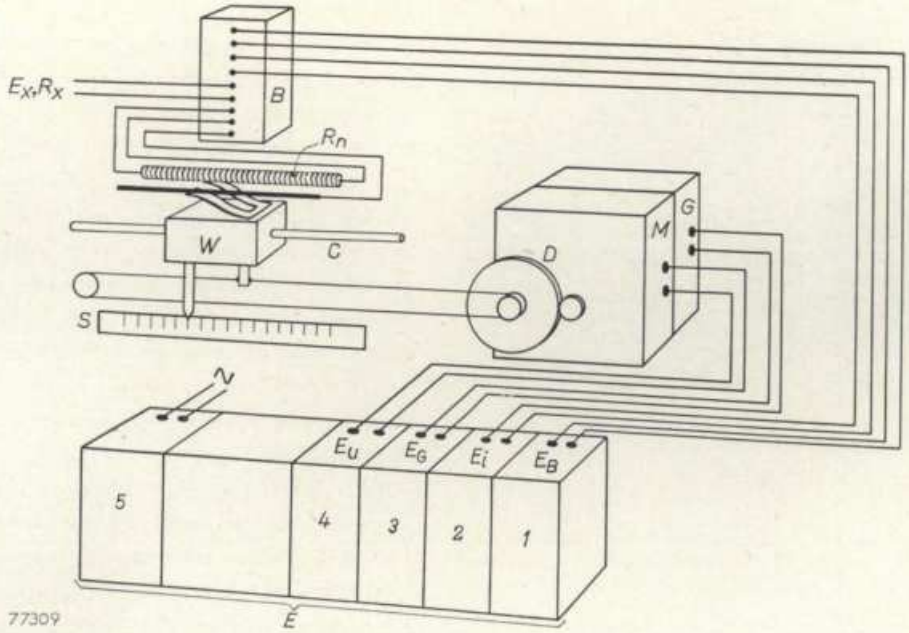


Fig. 9. Schematische weergave van de opbouw van de automatische meetbrug, type serie PR 1000 en PR 2000. Op de wagen W, die door de motor M via de slipkoppeling D langs de as C wordt bewogen, is zowel het glijcontact van de potentiometer R_n als de wijzer bevestigd, welke laatste langs de schaal S beweegt.

Fig. 10 toont de automatische meetbrug in geopende toestand. In het opengedraaide deksel (rechts) bevinden zich de meetpotentiometer, de motor, de tachometergenerator en de registratieapparatuur. In de kast is het electronische gedeelte gemonteerd (het rek E uit fig. 9). Dit laatste rek is afzonderlijk afgebeeld in *fig. 11*, terwijl in *fig. 12* één der versterkerchassis uit dit rek wordt getoond.

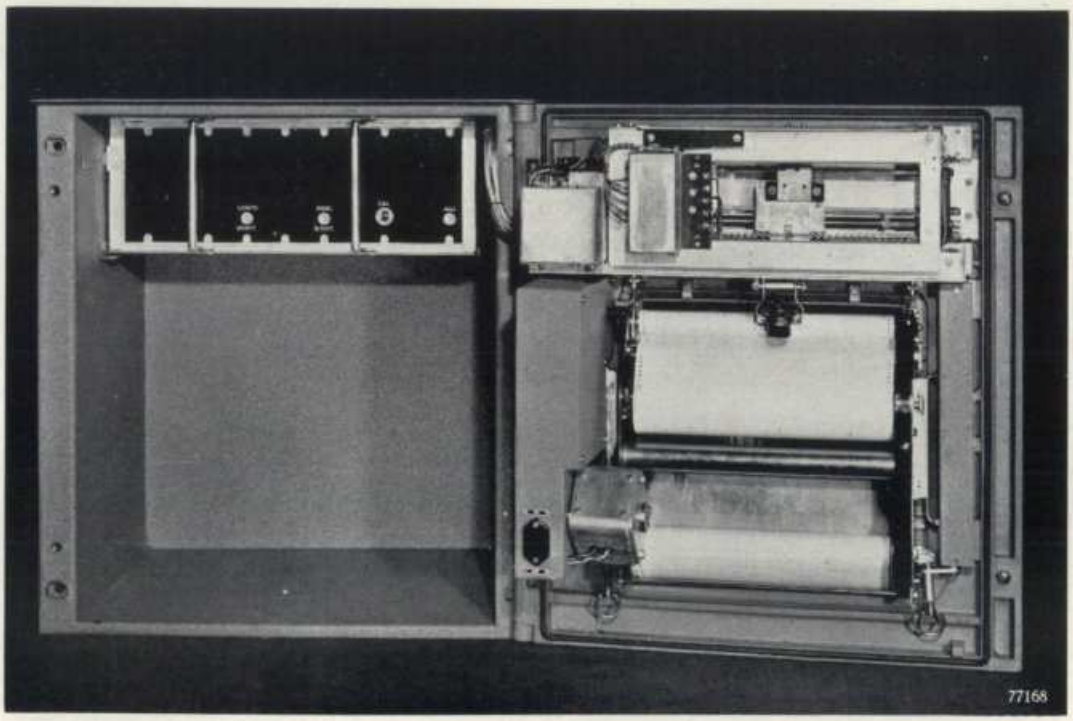


Fig. 10. De automatische meetbrug, type serie PR 2000, compleet met registratie-inrichting, in geopende toestand. Links boven bevindt zich het rek met de versterkers en de voedingsapparaten. Rechts boven in de opengedraaide voorwand zijn de meetpotentiometer en de motor-generator geplaatst. Hieronder bevindt zich de registratie-apparatuur.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

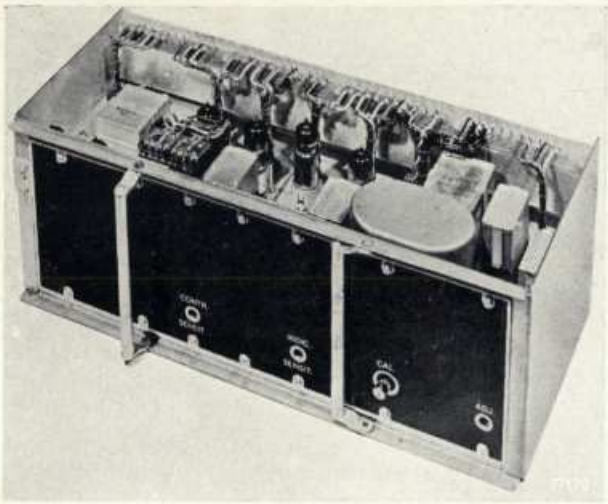


Fig. 11. Het chassis met de versterkers en de voedingsapparaten. Alle verbindingen lopen via een centrale verbindingsstrook, waardoor contrôlemetingen gemakkelijk zijn uit te voeren.

Ter vergemakkelijking van het onderhoud zijn de hoofdonderdelen zonder moeite demonteerbaar gemaakt. De onderdelen waaruit de versterkers zijn opgebouwd, zijn in het rek op eenvoudige wijze te controleren doordat alle belangrijke verbindingen via een centrale verbindingsstrook lopen (zie fig. 11). Het rek is door een rij stekerverbindingen met het overige deel van de schakeling verbonden. De onderdelen van ieder chassis zijn, nadat dit chassis uit het rek is genomen, direct toegankelijk (fig. 12).

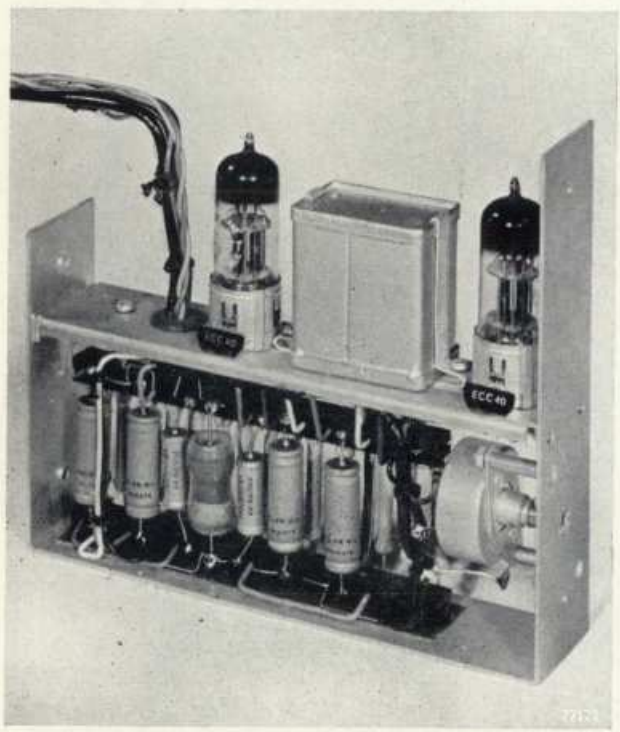


Fig. 12. Foto van één der versterkerchassis. Alle onderdelen zijn gemakkelijk bereikbaar.

De meetbrug

De nauwkeurigheid van de meting wordt, zoals hiervóór reeds werd vermeld, o.a. bepaald door de nauwkeurigheid waarmede de potentiometer R_n en de andere weerstanden bekend zijn. De vaste weerstanden kunnen betrekkelijk eenvoudig met grote nauwkeurigheid en constantheid worden gefabriceerd. Moeilijker is dit echter voor de potentiometer. Wel kan de weerstandswaarde van een bepaalde potentiometer zeer constant zijn, het is echter evenzeer noodzakelijk dat deze waarde en ook het weerstandsverloop als functie van de plaats van het glijcontact van te voren nauwkeurig bekend zijn (de maximaal toelaatbare afwijking is $1\ ^0/_{00}$). Alleen in dit geval is het mogelijk uitsluitend door verwisseling van vaste weerstanden en van de schaal op een ander meetgebied over te gaan zonder herijking van het complete apparaat. Ook kan dan de potentiometer R_n worden verwisseld zonder dat de schaal opnieuw behoeft te worden geijkt. Parallel met de potentiometer wordt een vaste weerstand geschakeld met een zodanige waarde dat de vervangingsweerstand van dit geheel nauwkeurig 1000 Ω bedraagt.

De constructie is zodanig uitgevoerd dat met de wagen W gelijktijdig de glijcontacten van twee potentiometers kunnen worden bewogen, waardoor de mogelijkheid tot het opbouwen van meer gecompliceerde meetschakelingen aanwezig is.

Om een met de meetnauwkeurigheid overeenkomende instelnauwkeurigheid te verkrijgen, moet de potentiometer een voldoend aantal windingen bezitten. Hij is daarom samengesteld uit 1300 windingen, die over een lengte van 260 mm zijn verdeeld. De instelnauwkeurigheid kan hierdoor ongeveer 0,1 mm bedragen.

De voedingsspanning voor de meetbrug

Bij weerstandsmetingen is het mogelijk de brugschakeling te voeden met wisselstroom van de netfrequentie. In sommige gevallen is echter voeding met gelijkstroom gewenst. Met name is dit het geval wanneer de te meten weerstand zich op een zodanige afstand bevindt dat de capaciteit van de aansluitleiding een niet te verwaarlozen rol speelt en men geen compensatie hiervoor wenst aan te brengen. In dit geval kan de voedingsspanning via een gelijkrichter met afvlakinrichting worden verkregen.

Bij gelijkspanningsmetingen moet de aan de brugschakeling toegevoerde stroom een bekende en constante waarde hebben. Deze stroom wordt dan geleverd door een spanningsbron die is gestabiliseerd met een stabiliseerbuis waarvan de brandspanning tijdens de gehele levensduur zeer constant

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

is (type 85 A 1). De brugschakeling wordt in dit geval via een aantal weerstanden gevoed met een stroom van 1 mA (*fig. 13*). Eén van deze weerstanden (R_v) is variabel en dient voor het instellen van de stroom op de genoemde waarde. De weerstand R_m heeft de waarde 1018 Ω. Bij het instellen van de voedingsstroom van de brug wordt de spanning op deze weerstand vergeleken met die van een

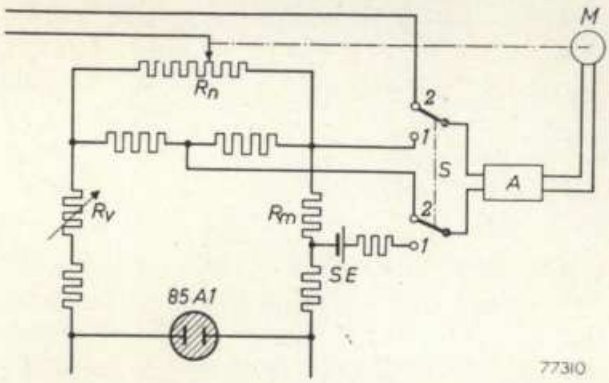


Fig. 13. Schakeling die wordt gebruikt bij het meten van gelijkspanningen. Met behulp van de variabele weerstand R_v wordt de voedingsstroom voor de brugschakeling ingesteld op 1 mA. Dit wordt gecontroleerd door de spanning op de weerstand R_m, die een waarde van 1018 Ω heeft, te vergelijken met de spanning van het standaardelement *SE*. De schakelaar *S* is bij deze instelling geplaatst in de stand *1*. Bij de juiste waarde van de voedingsstroom is de motor *M* in rust.

standaardelement (1,018 V). Hiertoe dient de in fig. 13 met *S* aangegeven schakelaar. Staat deze schakelaar in de met *1* aangegeven stand, dan wordt aan de ingang van de versterker *A* het verschil toegevoerd van de spanning over R_m en die van het standaardelement *SE*. Zijn deze beide spanningen gelijk, dan is dus de aan *A* toegevoerde spanning nul, waardoor de instelmotor *M* in rust blijft. Is een spanningsverschil aanwezig, dan draait de motor; door verandering van R_v kan nu dit verschil nul gemaakt worden, wat blijkt uit het tot stilstand komen van de motor. De voedingsstroom heeft dan de juiste waarde. Door de grote constantheid van de brandspanning van de buis 85 A 1 behoeft deze correctie slechts zelden te gebeuren (bijv. maandelijks).

De versterker

Electronische versterking is het eenvoudigst uitvoerbaar voor wisselspanningen. De versterker is daarom uitgevoerd als wisselspanningsversterker. Bij het meten van gelijkspanningen of wanneer bij weerstandsmetingen de brugschakeling met gelijkstroom wordt gevoed, wordt tussen de meetschakeling en de versterker een omvormer geschakeld. Hiervoor wordt een triller gebruikt, waarvan de bekrachtigingsspoel op een wisselspanning met de netfrequentie is aangesloten. Voor electrostatische metingen wordt een trillende condensator gebruikt. De te versterken spanningen hebben dus zowel bij weerstands- als bij gelijkspanningsmetingen een frequentie van 50 Hz.

Voor een grote gevoeligheid is het gewenst de versterking zo groot mogelijk te maken. Practisch wordt deze echter beperkt door de optredende stoorspanningen. Het heeft natuurlijk geen zin de versterking op te voeren tot een zodanige waarde dat ten gevolge van de versterkte storende spanningen de motor reeds in beweging zou komen. De in de eerste versterkbuis optredende stoorspanningen komen in de practijk overeen met een spanning van ongeveer 5 μV op het rooster van deze buis. Het is daarom gewenst de versterking zodanig in te stellen dat pas bij een signaalspanning van ongeveer 10 μV op het stuurrooster van de eerste buis de motor in beweging komt. Door het gebruik van een transformator voor de eerste buis kan de minimale ingangsspanning voor het in beweging brengen van de motor worden verlaagd tot ongeveer 1 μV. Hierdoor wordt echter tevens de ingangsweerstand van de versterker verlaagd. (Zonder ingangstransformator bedraagt deze ongeveer 1 MΩ, met transformator ongeveer 1 kΩ.) Daar de motor zeker in beweging komt bij een spanning van 100 V, zal de vereiste spanningsversterking in dit laatste geval dus ongeveer 10^8 bedragen.

Bij gebruik van een trillende condensator kan een zeer grote ingangsweerstand worden bereikt; deze kan bijv. 10^{12} Ω bedragen. Door de grote weerstand die zich in dit geval tussen de kathode en het rooster van de eerste buis bevindt, is bij technische uitvoeringsvormen de optredende stoorspanning echter veel groter dan het hierboven genoemde bedrag. De versterking wordt daarom hierbij zodanig ingesteld dat de motor eerst bij een ingangsspanning van 300 μV in beweging komt.

De aandrijving

Voor een grote nauwkeurigheid is het nodig dat de stand van de wijzer ten opzichte van de schaal nauwkeurig overeenkomt met de stand van het glijcontact van de potentiometer. Rek of speling in de overbrenging tussen het glijcontact en de wijzer zouden meetfouten veroorzaken. Eveneens kunnen fouten ontstaan door kleine veranderingen in de overbrengingsverhouding tussen deze onderdelen. Deze fouten worden vermeden indien de wijzer en het glijcontact star met elkaar worden verbonden en indien hetzelfde het geval is met de schaal en de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

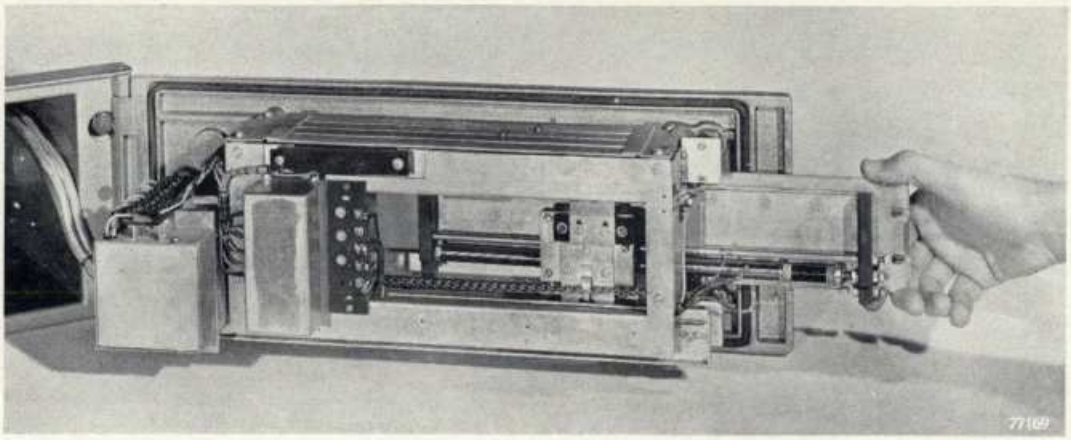


Fig. 14. De schaal en de potentiometer zijn tot een geheel tezamengebouwd, hetgeen hier wordt gedemonstreerd aan een meetbrug zonder registratie-apparatuur.

potentiometer (zie *fig. 14*). De overbrenging tussen de motor en de potentiometerwagen kan dan de meetnauwkeurigheid niet beïnvloeden.

De instelkracht moet voldoende groot zijn om zeker alle wrijving te kunnen overwinnen. Een kracht van 300 gram is in dit opzicht ruimschoots voldoende. Om te voorkomen dat bij meetsignalen die buiten het meetgebied liggen de wagen met een te grote kracht tegen het einde van de schaal zou worden gedrukt, is het aandrijfmechanisme van de potentiometerwagen slippend uitgevoerd.

De motor en de generator

Als motor wordt een tweefazeninductiemotor met kortsluitanker gebruikt, waarvan *fig. 15* een schets geeft. Een der wikkelingen (A) wordt gevoed door de eindversterker, de andere wikkeling (B) met een fazeverschuiving van 90° uit het net. Wanneer het evenwichtspunt van de meetschakeling wordt gepasseerd, ondergaat de door de versterker geleverde spanning een fazeverschuiving van 180°, waardoor de draairichting van de motor omkeert. Ter wille van een grote instelnauwkeurigheid is de motor zodanig geconstrueerd dat een groot aanloopkoppel wordt verkregen.

In *fig. 16* is een schets weergegeven van de tachometergenerator. Deze heeft eveneens twee wikkelingen, waarvan er één (A) op het net is aangesloten. De andere wikkeling (B) wordt aangesloten aan de ingangszijde van het versterkergedeelte A_2 (zie fig. 8 en 9). De rotor bestaat uit een aluminiumcilinder (C), die draait rond een vast gemon-

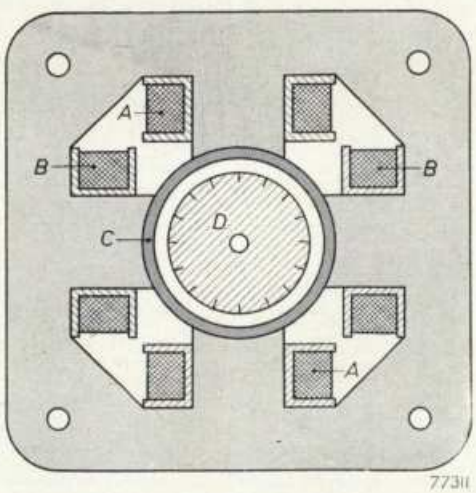


Fig. 15. Constructie van de inductiemotor. De wikkelingen A zijn aangesloten op de versterker. De wikkelingen B worden zodanig uit het net gevoed dat tussen de stromen in A en B een fazeverschuiving van 90° bestaat. Door de ijzeren ring C worden de magnetische velden, die door A en B ontstaan, zodanig verdeeld dat bij benadering een draaiveld wordt verkregen. D is de kortsluitrotor.

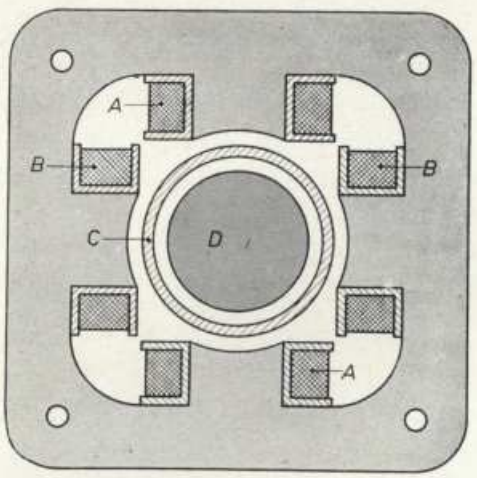


Fig. 16. Constructie van de tachometergenerator. De wikkelingen A worden zodanig uit het net gevoed dat de juiste faze van de uitgangsspanning op de wikkelingen B ontstaat. Deze laatstgenoemde wikkelingen worden aangesloten op de ingang van het versterkergedeelte A_2 (zie fig. 8).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

teerde ijzeren kern (D). Wordt de rotor door de motor in beweging gebracht, dan wordt in de wikkeling B een spanning geïnduceerd die evenredig met het toerental toeneemt. De frequentie is gelijk aan de netfrequentie, dus onafhankelijk van het toerental. Keert de draairichting om, dan ondergaat deze spanning een fazeverschuiving van 180°. Door de juiste keuze van de faze van de voedingsspanning kan de fazerelatie tussen de door de versterker A_1 geleverde spanning en de spanning van de tachometergenerator zodanig worden gekozen dat de generator een dempingskracht levert die evenredig is met de snelheid. De verhouding tussen de door de tachometergenerator geleverde spanning bij stilstand en bij volle snelheid (ongeveer 2000 omwentelingen per minuut) kan ongeveer 1000 bedragen. Bij stilstand van de rotor is de in de wikkeling B geïnduceerde spanning zo klein dat hierdoor het meetresultaat niet merkbaar wordt beïnvloed.

Samenvatting. In dit artikel wordt een beschrijving gegeven van een toestel waarmede gelijkspanningen en impedanties kunnen worden gemeten en dat door zijn robuuste constructie en grote instelkracht geschikt is om in combinatie met een opnemer in de industrie te worden gebruikt voor meting en registratie van niet-electrische grootheden, zoals temperatuur, druk, verplaatsing, vochtigheid enz. Het apparaat werkt volgens de nulmethode, die ten opzichte van de methode met directe uitslag verschillende voordelen biedt, nl. een grotere nauwkeurigheid en een grotere gevoeligheid. Het nadeel dat bij de nulmethode steeds een instelling moet plaatshebben alvorens een aflezing kan geschieden, is opgeheven doordat deze instelling automatisch met een servomotor gebeurt, waarbij tevens een grote instelkracht wordt verkregen. Door een tachometergenerator, die met de motor op één as is gemonteerd, wordt de instelling zodanig gedempt dat deze plaatsvindt zonder dat slingeringen om het instelpunt optreden (aperiodieke demping).

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage overdrukken.

2046: J. I. de Jong en J. de Jonge: The reaction of urea with formaldehyde (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **71**, 643-660, 1952, No. 6).

De reactie tussen ureum en formaldehyde, leidende tot de vorming van monomethylolureum, is reversibel in een neutrale, alkalische of zure waterige oplossing. De vormingsreactie is bimoleculair, terwijl de ontledingsreactie van monomethylolureum volgens een monomoleculaire reactie verloopt. Beide reacties worden in gelijke mate gekatalyseerd door waterstofionen zowel als door hydroxylionen, zodat het evenwicht onafhankelijk van p_H is. De reactieconstanten zijn recht evenredig met de waterstofionen- en hydroxylionenconcentraties. Verder blijken de reactiesnelheden onafhankelijk te zijn van de concentratie van de gebruikte buffer, hetgeen wijst op een algemene zuur- en basekatalyse. De activeringsenergieën der reacties werden bepaald. Het reactiemechanisme wordt besproken.

2047: J. I. de Jong en J. de Jonge: The formation and decomposition of dimethylol urea (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **71**, 661-667, 1952, No. 6).

De vorming en de ontleding van dimethylolureum vertonen grote analogie met de eerder besproken vorming en ontleding van monomethylolureum (zie No. **2046**). De reactie tussen formaldehyde en monomethylolureum met als product dimethylolureum leidt tot een evenwicht, dat van beide zijden bereikt kan worden. Het evenwicht is onafhankelijk van de p_H van de oplossing. De vormingsreactie is bimoleculair, terwijl de ontledingsreactie monomoleculair is. Beide reacties worden in gelijke mate versneld, zowel door waterstofionen als door hydroxylionen. Bij gebruik van een bufferoplossing is er, bij constante p_H, een invloed van de bufferconcentratie op de reactiesnelheid. De reactiesnelheden zijn recht evenredig met de waterstofionen- en de hydroxylionenconcentratie. De activeringsenergieën werden bepaald. Binnen de meetfouten zijn deze dezelfde als bij de vorming en ontleding van monomethylolureum, nl. 14 kcal/mol, resp. 19 kcal/mol. Het reactiemechanisme wordt kort besproken.

2048: K. F. Niessen: Spontaneous magnetization of nickel zinc ferrite as a function of the nickel zinc ratio (Physica **18**, 449-468, 1952, No. 6-7).

De gereduceerde spontane magnetisatie I_f^* van nikkelzinkferriet (magnetisatie bij temperatuur T, gedeeld door de magnetisatie bij $T = 0$) wordt berekend als functie van de gereduceerde temperatuur T^* (T, gedeeld door de Curie-temperatuur T_C) en van de verhoudingsparameter f, bepaald door $\mathrm{Ni}:\mathrm{Zn} = f:(1-f)$. In de gevallen $T^* \ll 1$ en $T^* = 1-\Delta$ ($\Delta \ll 1$) kunnen formules voor I_f^*

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

worden opgesteld die gelden voor hoge waarden van f (bijv. $^1/_2 < f < 1$). Voor intermediaire waarden van T^* moest een grafische methode worden gebruikt. De resultaten worden vergeleken met de experimentele krommen van Guillaud en Roux, die I_f^* voorstellen als functie van T, speciaal bij kleine en middenwaarden van T^* voor een aantal ferrieten met verschillende Ni/Zn-verhouding. Deze krommen wijken op een zeer bepaalde wijze van elkaar af. Dit kan qualitatief verklaard worden.

2049: H. Bremmer: On the asymptotic evaluation of diffraction integrals with a special view to the theory of defocusing and optical contrast (Physica **18**, 469-485, 1952, No. 6-7).

Er wordt een reeksontwikkeling gegeven voor de functie $u(x, y, z)$ die in de halve ruimte $z > 0$ aan een scalaire golfvergelijking voldoet en die in het vlak $z = 0$ gegeven waarden $u_0(x, y)$ aanneemt. Als $u_0 = 0$ is buiten een gesloten contour L in het vlak $z = 0$, kan $u(x, y, z)$ gesplitst worden in een zg. geometrisch-optisch gedeelte (dat nul is buiten een cylinder die L als richtlijn heeft en beschrijvenden // de u-as) en een diffractiegedeelte (afhankelijk van de waarden van u_0 in de buurt van L). Elk van deze gedeelten kan in een reeks ontwikkeld worden, waarvan de afzonderlijke termen afhangen van u_0 zelf en van zijn iteratieve tweedimensionale Laplace-operatoren $\Delta^n u_0 = (\partial^2/\partial x^2 + \partial^2/\partial y^2)^n u_0$; voor kleine golflengten zijn de reeksontwikkelingen in het algemeen asymptotisch. Men kan echter hun exacte geldigheid bewijzen voor functies u_0 die binnen de contour L door polynomen kunnen worden voorgesteld. De termen van het diffractiegedeelte bestaan uit contourintegralen langs L. De overeenkomstige termen van het geometrisch-optische gedeelte hangen niet van een integratie af. De eerste van deze termen spelen een rol bij verschijnselen die optreden bij scherpe instelling in optische stelsels. Zij kunnen in verband gebracht worden met de in het vlak $z = 0$ bestaande helderheidscontrasten.

2050: G. Diemer, Z. van Gelder en J. J. P. Valeton: An interference in television pictures (Wireless Engineer **29**, 164-168, 1952, No. 345).

Er is een studie gemaakt van een bepaalde storing, optredend bij televisiebeelden en bestaande uit verticale lijnen aan de linkerkant van het televisiebeeld. Deze storing kan in verband worden gebracht met zekere eigenschappen van de I_a-V_a-karakteristiek van de eindbuis die gebruikt wordt om de lijndeflectie teweeg te brengen. De vorm van deze karakteristiek heeft ten gevolge dat er onregelmatigheden ontstaan in de anodestroom, die aanleiding geven tot signalen van zeer hoge frequentie, die kunnen doordringen in de hoogfrequentie- of de middelfrequentieversterker van de ontvanger.

2051*: J. J. Went, G. W. Rathenau, E. W. Gorter en G. W. van Oosterhout: Hexagonal iron-oxide components as permanent-magnet materials (Phys. Rev. **86**, 424-425, 1952, No. 3).

Kort overzicht van het uitgebreide artikel in Philips techn. T. **14**, 33-49, 1952, No. 2.

2052: J. S. C. Wessels en E. Havinga: The redox potential as a critical factor in the Hill reaction (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **71**, 809-812, 1952, No. 7).

De fotochemische reductie van diverse chinonen en kleurstoffen door water bij aanwezigheid van chloroplasten werd bestudeerd door tijdens de belichting de redoxpotentiaal te meten. Of deze zg. reactie van Hill in merkbare mate optreedt, blijkt af te hangen van de standaardpotentiaal van het redoxsysteem. Bij systemen met een standaardpotentiaal van 40 mV of lager werd geen reductie waargenomen.

2053: J. de Jonge, R. Dijkstra en G. L. Wiggerink: The quantum yield of the photodecomposition of some aromatic diazonium salts (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **71**, 846-852, 1952, No. 8).

Het quantumrendement van de fotochemische ontleding van enkele aromatische diazoniumzouten in oplossing werd gemeten bij bestraling met de golflengte $\lambda = 3650$ Å. De ontledingsreactie van phenylaminobenzeendiazoniumsulfaat door ultraviolette stralen is geschikt om te dienen als actinometer. Het quantumrendement van de fotochemische isomerisatie van de stabiele vorm van p-methoxybenzeendiazocyanide bleek ongeveer 0,35 te zijn.

2054: J. I. de Jong en J. de Jonge: The reaction between urea and formaldehyde in concentrated solutions (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **71**, 890-898, 1952, No. 8).

De aard van de reacties tussen ureum en formaldehyde en de snelheden van deze reacties in geconcentreerde oplossingen is analoog met die in verdunde oplossingen. Een in de literatuur vermelde snelle reactie tussen ureum en formaldehyde werd niet gevonden. De bewering omtrent het bestaan van zulk een reactie is het gevolg van de gebruikte analytische methodes.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!